বেতার তথ্য

প্রথম খণ্ড

(চতুর্থ সংস্করণ)

মূল্য—৮৲ টাকা

প্রথম সংস্করণের ভূমিকা

আধুনিক বিজ্ঞানে পাশ্চাত্য দেশ সমূহ বিস্ময়কর উন্নতি করেছে—আর সে সব দেশে নিত্যই নূতন নূতন জ্ঞান বিজ্ঞানের মূল্যবান তথ্য আবিষ্কৃত হচ্ছে। ওদেশের অধিবাসীদের মস্ত সুবিধা এই যে, তারা তাদের মাতৃভাষাতেই বিজ্ঞানের নানা দুরূহ বিষয় পড়তে ও শিখতে পারেন। সাধারণ স্তরের কারিগরী বৃত্তিযুক্ত লোকও দেশীয় ভাষার মাধ্যমে তার জ্ঞাতব্য বিষয়গুলি ভালো করে শিখতে সক্ষম হন, আর ব্যবহারিক বিদ্যাকে উন্নততর ও দৃঢ়তর ভিত্তিতে দাঁড় করাতে পারেন।

বর্ত্তমান ভারতে বিজ্ঞানের নানা গবেষণা চলছে, আর বিজ্ঞানের বিচিত্র বিষয় শেখবার জন্যও লোকের আগ্রহ বেড়েছে। তাছাড়া এই বিজ্ঞানের প্রয়োগের আধিক্য জীবিকার নূতন নূতন রাস্তাও খুলে দিচ্ছে। রেডিও শিল্পের ব্যাপক প্রসার আজ দেশের সর্ব্বত্রই দেখতে পাই। অথচ বাংলা ভাষায় এবিষয়ে পূর্ণাঙ্গ এবং বিস্তৃত তথ্য সম্বলিত কোন বই নেই। যা দু'একখানা রয়েছে তাতে বিজ্ঞানের সংক্ষিপ্ত আলোচনাই শুধু আছে; বিস্তৃতভাবে তথ্যের আলোচনা, প্রয়োগ কৌশল এবং কারিগরী সৌকর্য্যের সাহায্যকারী ভালো বই নেই। আমার এই গ্রন্থে রেডিও বিজ্ঞানের ছাত্রগণ উপকৃত হবেন, সৌখিন রেডিও-বিদ্‌গণ প্রয়োজনীয় জ্ঞান এতে পাবেন এবং মিস্ত্রি বা কারিগরগণও তাদের নিজস্ব লব্ধ বিদ্যাকে অধিকতর উন্নতির দিকে নিয়ে যেতে পারবেন বলেই আমার বিশ্বাস।

পাশ্চাত্য দেশে হাতে কলমে যারা কাজ করেন তাদের দ্বারাই কত যে বৈজ্ঞানিক আবিষ্কার সাধিত হয়েছে তার ইয়ত্তা নেই। আমাদের দেশের কারিগরগণও এইরূপ অবদানে রেডিও শিল্প ও বিজ্ঞানকে সমৃদ্ধতর করতে পারেন। তবে তার জন্য চাই জ্ঞানের দৃঢ়তর ভিত্তি।

রেডিও বিজ্ঞানের ছাত্র, সৌখীন রেডিও-বিজ্ঞানী এবং রেডিও কারিগরদের বিশেষ সুবিধার জন্যই আমি সহজ বাংলা ভাষায় প্রাথমিক তথ্য সম্বলিত এই পুস্তকটি রচনা করেছি। বৈজ্ঞানিক তথ্য ও হাতের কাজের কয়েকটি খুঁটিনাটি নির্দ্দেশ এতে দেওয়া আছে। রেডিও বিজ্ঞানের দিকে যাঁরা আকৃষ্ট এবং জীবিকা বা বৃত্তি হিসাবে যাঁরা একে নেবেন, তাঁরা এর ভিতর বহুতর মূল্যবান তথ্য পাবেন বলেই আমার বিশ্বাস।

এই গ্রন্থে রেডিও বিজ্ঞানের মূল তথ্যগুলি এবং সংশ্লিষ্ট আবিষ্কারকদের প্রতিভা ও অবদান বিষয়ে গোড়ার দিকে আলোচনা করা হয়েছে। তারপর সেই বৈজ্ঞানিক তথ্যের ভিত্তির উপর স্থাপিত করা হয়েছে এর প্রয়োগ নীতি ও কৌশলের সুসম্বদ্ধ শিক্ষা প্রণালী।

আলোচিত বিভিন্ন তথ্যগুলির মধ্যে একটি পারম্পর্য্যের ধারা বর্ত্তমান থাকায় এবং রেডিও বিজ্ঞান ও কারিগরী শিক্ষা সহজ ভাবে এই পুস্তকে পরিবেশিত হওয়ায় যে কোন লাইব্রেরী, রেডিও কারিগরী স্কুল, কলেজ প্রভৃতির পক্ষে এই পুস্তক রক্ষনোপযোগী হতে পারবে বলেই আশা করি।

জ্ঞান বিজ্ঞানের সমস্ত বিভাগেই আমাদের মাতৃভাষা "বাংলার" মাধ্যমে শিক্ষার ব্যবস্থা হোক, আজকাল দেশের হিতকামি সবাই এটা চাচ্ছেন। এদিক দিয়ে আমার বর্ত্তমান ক্ষুদ্র প্রচেষ্টা যদি জাতির কল্যাণে নিয়োজিত হতে পারে—তবেই আমি আমার শ্রম সার্থক জ্ঞান করবো। ইতি—

স্বাধীনতা দিবস
১৫ই আগষ্ট, ১৯৫২

শ্রীকালাচাঁদ শীল
গ্রন্থকার

দ্বিতীয় সংস্করণের ভূমিকা

আমাদের দেশের কারিগরী শিল্প বিশেষ করে রেডিও শিল্প ক্রমেই প্রসার লাভ করছে; বিলাসিতার পর্য্যায় থেকে রেডিও আজ নিত্য প্রয়োজনীয় গার্হস্থ্য সামগ্রীতে পরিণত হয়েছে। অথচ জনসাধারণ এই বিজ্ঞান চর্চ্চাকে নিজেদের ক্ষমতার অতীত বলেই জানেন। এমনকি আমাদের দেশের ছাত্র ছাত্রীগণ ও সাধারণ যন্ত্র চালকগণ নিজ নিজ গৃহের বেতার গ্রাহক যন্ত্রের সাথে গভীর ভাবে পরিচিত হলেও যন্ত্রটি কেন ও কি ভাবে কাজ করে তা আজও তারা জানেন না; হয়তো জানতে চাইলেও জানবার সুযোগ বা সুবিধা তাদের নাই, ফলে এই বিজ্ঞান সম্বন্ধে চর্চ্চা করার কোন লক্ষণই তাদের মধ্যে দেখা যায় না।

অথচ আশ্চর্য্যের বিষয় পাশ্চাত্য দেশগুলিতে নিত্য নূতন যন্ত্রের সৃষ্টি হচ্ছে আর এই সৃষ্টির অধিকাংশ স্রষ্টাই হলো দেশের জনসাধারণ যন্ত্র চালকগণ যাদের আমরা মিস্ত্রি বলে থাকি। এই মিস্ত্রীদেরই অবদানে বিজ্ঞানের সাম্রাজ্য সমৃদ্ধ হয়ে উঠেছে। পরে এই মিস্ত্রিরাই আবার ধীরে ধীরে বিজ্ঞানী হয়ে সমাজের কাছে পরিচিত হচ্ছেন। প্রমাণ স্বরূপ যেমন আমরা মিস্ত্রি ফ্যারাডে, মিস্ত্রি এডিসনকে বিজ্ঞানী বলেই জানি। কিন্তু আমাদের দেশের গত শত বৎসরের ইতিহাস লক্ষ্য করলে দেখতে পাওয়া যাবে বিজ্ঞানের ক্ষেত্রে আমাদের যন্ত্র চালকদের কোন অবদানই নাই এবং কোন যন্ত্র চালকই বিজ্ঞানী বলে পরিচিত হননি। তার প্রথম কারণ দেশীয় ভাষায় বেতার বিজ্ঞানের তথ্যমূলক গ্রন্থের অত্যন্ত অভাব।

বাংলা ভাষায় লিখিত রেডিও বিজ্ঞানের প্রাথমিক তথ্য সম্বলিত গ্রন্থ "বেতার-তথ্য" এর ২য় সংস্করণ সম্পূর্ণ পরিবর্ত্তিত ও পরিবর্দ্ধিত আকারে পুনঃ প্রকাশিত হলো। এত শীঘ্র ১ম সংস্করণ নিঃশেষিত হওয়াতে এই বইয়ের জনপ্রিয়তা যেমন সুপ্রমাণিত হলো, তেমনই টেক্‌নিক্যাল শিক্ষার সমাদর এদেশে বাড়ছে বলেই প্রতিপন্ন হলো।

পূর্ব্বের প্রকাশিত প্রথম সংস্করণে ব্যাটারী সেটের ব্যবস্থা না থাকায় ও মফঃস্বলবাসী শিক্ষার্থীদের অসুবিধার বিষয় লক্ষ্য করেই দ্বিতীয় সংস্করণের

প্র্যাকটিক্যাল অংশে ব্যাটারী ও মেন সেট উভয়েরই ব্যবস্থা করা হয়েছে। তাছাড়া এসি/ডিসি এ্যামপ্লিফায়ার, ইন্টার-কম ইউনিট প্রভৃতি কয়েকটি বহুল পরীক্ষিত সার্কিটের বর্ণনা ছাড়াও থিওরেটিক্যাল অংশের সম্পূর্ণ বিষয়বস্তুকে পরিবর্ত্তিত ও পরিবর্দ্ধিত আকারে প্রতিটি অধ্যায়ের মধ্যে এমন ভাবে সন্নিবেশিত করা হয়েছে যাতে রেডিও-বিজ্ঞানের নূতন শিক্ষার্থী ও স্কুল কলেজের ছাত্র-ছাত্রীগণ রেডিও টেক্নিকের প্রাথমিক তথ্যগুলি জানতে ও শিখতে পারে। তারা যদি এই তথ্যগুলি ভাল ভাবে উপলব্ধি করতে পারে তাহলে পরবর্ত্তী পর্য্যায়ের রেডিও-ফ্রিকোয়েন্সি এ্যামপ্লিফিকেশন, ডিটেকশন, অডিও-ফ্রিকোয়েন্সি এ্যামপ্লিফিকেশন, অসিলেশন প্রভৃতি সুপারহেটেরোডাইনের উচ্চতর তথ্যগুলি সহজে বুঝতে তাদের কোন অসুবিধা হবে না।

গ্রন্থখানি যাতে সরল ও সহজবোধ্য হয় সেজন্য আমি চেষ্টার ত্রুটি করিনি। রেডিও শিক্ষার ব্যাপারে ইঞ্জিনীয়ারীং কলেজগুলিতে শিক্ষার্থীদের বুঝাবার জন্য যে সকল বিদেশী শব্দের প্রচলন আছে, সেগুলি দেশীয় ভাষায় অনুবাদ করে আপাততঃ যাতে দুর্ব্বোধ্য হয়ে না ওঠে তজ্জন্য বিদেশী শব্দগুলিকেই বাংলায় লেখা হয়েছে।

বাংলা ভাষায় রেডিওর তথ্য সম্বলিত পুস্তক প্রণয়ণের আমার এই প্রারম্ভিক প্রচেষ্টা। এতে অনিচ্ছাকৃত ভুলও থাকতে পারে। তবে এই বইয়ের শ্রীবৃদ্ধি এবং একে ত্রুটিহীন করবার জন্য সহৃদয় সকল গুণী ব্যক্তিগণের ভালমন্দ সমালোচনা সাদরে গৃহীত হবে এবং তা প্রতি সংস্করণে সংশোধন করে ও প্রয়োজন বোধে নূতন কিছু সন্নিবেশিত করে প্রকাশিত হবে।

পূর্ণিমা
১৭ই ফেব্রুয়ারী, ১৯৫৪

শ্রীকালাচাঁদ শীল

তৃতীয় সংস্করণের ভূমিকা

দ্বিতীয় সংস্করণের পর তৃতীয় সংস্করণ প্রকাশিত হলো। এত শীঘ্র দ্বিতীয় সংস্করণ নিঃশেষিত হয়ে যাওয়ায়—দিন দিন যে এই পুস্তক জনপ্রিয়তা অর্জ্জন করছে তা স্পষ্টরূপে প্রমাণিত হয়। দ্বিতীয় সংস্করণে যে সকল ভুল ত্রুটি রয়ে গিয়েছিল—এই সংস্করণে যতদূর সম্ভব তা সংশোধন করে নেবার আপ্রাণ চেষ্টা করা হয়েছে এবং আশা করি কৃতকার্য্যও হয়েছি; অবশ্য সেটা বিচার করবেন পাঠক পাঠিকাবৃন্দ।

পূর্ব্বেও বলেছি এবং এখনও বলছি যে এই পুস্তককে ত্রুটিহীন করতে সকল গুণী ব্যক্তির সমালোচনা সাদরে গৃহীত হবে। প্রতি সংস্করণে তা যুক্ত করে দেবার চেষ্টাও করা হবে। এই সংস্করণে ভুল সংশোধন ব্যতীত নূতন কিছুই যুক্ত করা হয় নি।

২২শে এপ্রিল ১৯৫৬ প্রকাশক

চতুর্থ সংস্করণের ভূমিকা

অসংখ্য পাঠক পাঠিকা আর সৌখিন বেতার অনুরাগীদের প্রীতি ও শুভেচ্ছা ধন্য হয়ে "বেতার তথ্য"-এর চতুর্থ সংস্করণ প্রকাশিত হল। সংস্করণ বলতে একে পুণঃ মুদ্রণই বলা যায়। পূর্ব্ব সংস্করণে অসাবধানতা বশতঃ যে সকল ত্রুটি রয়ে গিয়েছিল সেইগুলিই কেবল এ সংস্করণে শুদ্ধ করে দেওয়া হয়েছে।

১লা আগষ্ট ১৯৫৮

শ্রীনির্ম্মলচাঁদ শীল

জ্ঞানী গুণী ও মণীষীগণের অভিমত—

শ্রীমান্ কালাচাঁদ শীলের প্রণীত 'বেতার-তথ্য' পড়িয়া খুসী হয়েছি। বেতার যন্ত্রাদি তাদের বৈশিষ্ট্য, তাদের কার্যক্রম ও বেতার বিজ্ঞানের মূলনীতিগুলি সরল ভাষায় আলোচনা করা হয়েছে এই বইএ।

রেডিও বিজ্ঞানের ছাত্রেরা এর থেকে অনেক নতুন খবর সংগ্রহ করতে পারবেন।

যাঁদের বেতার যন্ত্রাদি নিয়ে প্রত্যহ নাড়াচাড়া করতে হয়, সেই সব শিল্প-কারুজ্ঞও এই বই পড়ে যথেষ্ট উপকৃত হবেন।

বাংলায় এই বই লিখে দেশে বেতার বিজ্ঞানের প্রচারে যথেষ্ট সাহায্য করেছেন শীল মশাই আশা করি বেতার বিজ্ঞানের যাঁরা অনুরাগী তাঁদের মধ্যে এই বইএর বহুল প্রচার হবে।

ডাঃ সত্যেন্দ্র নাথ বসু।
খয়রা অধ্যাপক
কলিকাতা বিশ্ববিদ্যালয়
৯ই সেপ্টেম্বর ১৯৫২।

শ্রীমান কালাচাঁদ শীল রচিত "বেতার-তথ্য" পুস্তকখানি পাঠ করিয়া অপার আনন্দ পাইলাম। বেতার বিজ্ঞান সম্বন্ধে বাংলা ভাষায় খুব অল্প পুস্তকই প্রকাশিত হইয়াছে। শ্রীমানের এই অবদান বাংলা ভাষাকে অলঙ্কৃত করিয়াছে বলিলে অত্যুক্তি হয় না।

বেতার সম্পর্কীয় যাবতীয় বিষয়বস্তুগুলি বহুল চিত্র সম্বলিত হইয়া বেশ প্রাঞ্জল ভাষায় বর্ণিত হইয়াছে কোথাও বুঝিতে অসুবিধা হয় না।

আমি এই নিষ্ঠাযুক্ত প্রচেষ্টার সর্ব্বাঙ্গীন সাফল্য কামনা করি।

শ্রীমধুসূদন শীল, এম, এস-সি
ইলেকট্রনিকস্ এণ্ড
মোশন পিকচার্স ইঞ্জিনীয়ার

১৩ই আগষ্ট ১৯৫২

বাঙ্গলা ভাষায় বেতার বিজ্ঞান সম্বন্ধে পুস্তকের অভাবে বাঙ্গালী ছাত্রদের অসুবিধা লক্ষ্য করিয়াছি। শ্রীকালাচাঁদ শীল প্রণীত "বেতার-তথ্য" সে অভাব দূর করিল। ছাত্রাবস্থায় তাহার জ্ঞানপিপাসা ও হাতে কলমে কাজের প্রতি অসীম আগ্রহ আমার দৃষ্টি আকর্ষণ করে। পুস্তকটি রেডিও ইঞ্জিনীয়ারিং সম্বন্ধে প্রাথমিক জ্ঞান অর্জনের উপযুক্ত, কারণ বিষয়বস্তু "সার্কিটের" (নক্সার) সাহায্যে ও সরল ভাবে লিখিত। ছাত্রেরা এই পুস্তকের সাহায্য গ্রহণ করিয়া যথেষ্ট লাভবান হইবে।

বি, সি, মিটার
প্রিন্সিপ্যাল্
রেডিও (রিসার্চ) ইন্‌ষ্টিটিউট অফ্
সার্ভিস্ ইঞ্জিনীয়ারিং

১৩ই আগষ্ট ১৯৫২

বিভিন্ন পত্রিকার মতামত

আনন্দ বাজার (রবিবার ১৯শে আশ্বিন ১৩৫৯)

বাঙ্গলা দেশে রেডিও দিন দিন জনপ্রিয়তা অর্জন করিতেছে এবং রেডিও শিল্পী, রেডিওবিদ্ এবং রেডিও যন্ত্রের মেরামতকারীর সংখ্যাও প্রতিদিন বৃদ্ধি পাইতেছে। দুঃখের বিষয় যে, রেডিও বিজ্ঞান জানিবার বা শিখিবার বাঙ্গলা ভাষায় সুলিখিত কোন পুস্তক নাই। দু-একখানি যাহা আছে তাহা প্রধানত তথ্য মূলক এবং দুরূহ। অথচ এই রেডিও আবিষ্কারে ও বৃদ্ধি সাধনে বাঙ্গালী বিজ্ঞানীর যথেষ্ট হাত আছে। সেই সকল দিক হইতে বিচার করিলে আলোচ্য পুস্তকের গ্রন্থকারের উদ্যম প্রশংসনীয় ··· ······।

যুগান্তর—(রবিবার ২রা কার্ত্তিক ১৩৫৯)

··· ········ কারিগরী বিদ্যা সম্পর্কে কোন নূতন পুস্তক প্রকাশিত হওয়া অবশ্যই আশা ও আনন্দের কথা ··· ·······এই পুস্তক পড়িয়া স্থানীয় লোক্যাল সেট নির্ম্মাণ সম্ভব। ······ ·· ·· যে তথ্য আলোচিত হইয়াছে মোটামুটি হিসাবে ঠিকই ···· ········ রেডিও বিজ্ঞানের প্রাথমিক পাঠ হিসাবে পুস্তকখানির সার্থকতা আছে।

সত্যযুগ—(রবিবার ২২শে ভাদ্র ১৩৫৯)

রেডিও বিজ্ঞানের ছাত্র, সৌখীন রেডিও বিজ্ঞানী এবং রেডিও কারিগরদের দিকে লক্ষ্য রেখেই মূলতঃ এই পুস্তকখানি রচনা করা হয়েছে ····· ······ ঘরেবসে যাতে হাতে-কলমে কাজের সুবিধা হয় তার জন্য বিভিন্ন প্রকার চিত্রের সাহায্যে রিসিভারের বিভিন্ন অংশকে অঙ্কন করে ও একের পর এক সংযোগ ও পরিবর্ত্তন করে সার্কিটের অবস্থা লিপি বদ্ধ করে দেওয়া আছে ····· ·· অভিজ্ঞ গ্রন্থকার শিক্ষার্থীদের দিক থেকে যা প্রয়োজন সে দিকে যে বিশেষ লক্ষ্য রেখেছেন তা বুঝতে কষ্ট হয় না। বাংলার এইরূপ বিস্তৃত বিবরণ যুক্ত রেডিও-বিজ্ঞানের বই এই প্রথম বলা চলে। বইটি সমাদৃত হবে বলেই বিশ্বাস করি।

হিমাদ্রী—(সাপ্তাহিক ৩০শে শ্রাবণ ১৩৫৯)

····· ছাত্রদল, কারিগরগণ এবং সৌখীন শিল্পীগণের পক্ষে এই পুস্তকখানি অপরিহার্য্য হইবে বলিয়াই আমাদের ধারণা। শিক্ষকের সাহায্য ব্যাতিরেকেও শিক্ষার্থীগণ উহার সাহায্যে বেতারের যাবতীয় তাত্ত্বিক বিষয় জানিতে পারিবেন এবং স্বহস্তে বেতার সেট নির্ম্মাণ করিতে সক্ষম হইবেন········ ···গ্রন্থখানি বেতার তথ্যে আগ্রহশীল প্রত্যেক শিক্ষার্থীর ও শিক্ষা প্রতিষ্ঠানের গ্রন্থাগারে স্থান লাভ করুক ইহাই আমরা কামনা করি।

দেশ—(সাপ্তাহিক ২৭শে অগ্রহায়ণ ১৩৫৯)

গত কয়েক বৎসরের মধ্যে বেতারের অনেক উন্নতি হইয়াছে। কিন্তু বেতার সম্বন্ধে সাধারণের তেমন কিছু ধারণা নাই। এ গ্রন্থে লেখক স্কেচের সাহায্যে বেতারের যন্ত্রপাতি ইত্যাদির বিশদ আলোচনা করিয়াছে। যাঁহারা এই দিকে কাজ করেন তাঁহাদের পক্ষে বইটি উপকারে লাগিব

সূচীপত্র

বেতারের জন্ম কথা

প্রাথমিক তথ্য

ইলেকট্রিসিটি

ম্যাগনেটিজম ও ইলেকট্রোম্যাগনেটিজম

ওম-সূত্র

ভ্যাকুয়াম-টিউব

রেকটিফিকেশন

ডিটেকশন

এ্যামপ্লিফিকেশন

লাউড স্পিকার

রেডিও সার্কিট অঙ্কনের সাঙ্কেতিক চিহ্ন

প্র্যাকটিক্যাল শিক্ষা

কলার কোর্ড

ক্রষ্টাল সেট নির্ম্মাণ প্রণালী

কেশীল বোর্ড নির্ম্মাণ

এক ভ্যালভ নিয়ে পরীক্ষা

দু'ভ্যালভ নিয়ে পরীক্ষা

তিন ভ্যালভ এ-সি/ডি-সি লোক্যাল সেট নিৰ্ম্মাণ কৌশল

তিন ভ্যালভ ব্যাটারী নির্ম্মাণ কৌশল

প্রয়োজনীয় কয়েকটি সার্কিট

প্রথম অধ্যায়

বেতারের জন্মকথা

(History of Radio)

বিশ্বের দেশ-দেশান্তর থেকে ভেসে-আসা সঞ্চিত ও জ্ঞান-বিজ্ঞানের নানা তথ্য ধরা পড়ে আমাদের গৃহকোণের ছোট্ট রেডিও যন্ত্রটিতে। ঈথার তরঙ্গে বাহিত ধ্বনি-গুঞ্জরণ দেশ কাল অতিক্রম করে আমাদের অন্তরে জাগায় পরম বিস্ময়। ঠিক এই রকম বিস্ময় আর রোমাঞ্চের অনুভূতি জড়িয়ে রয়েছে বেতার বিজ্ঞানের স্তরে স্তরে—বেতার-যন্ত্রের প্রতিটি অংশে। এই চিত্তাকর্ষক রেডিও-রোমাঞ্চের সূচনাতেই আমরা এর উৎপত্তির ইতিহাসটির কথা বলবো।

কোন একটি বিশেষ ব্যক্তির দ্বারা বেতারের আবিষ্কার সম্ভব হয়নি। বহু বৈজ্ঞানিকের অক্লান্ত চেষ্টায়, বহু গবেষণার ফলেই এর উদ্ভব সম্ভব হয়েছে।

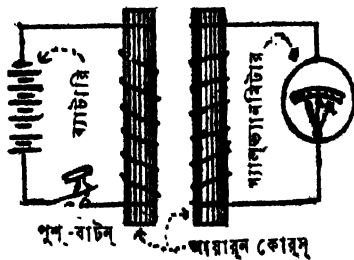
১৮৩১ সালের ২৯শে আগষ্ট বিদ্যুত-শাস্ত্রের ইতিহাসে স্মরণীয় দিন। ঐ দিনটিতে **মাইকেল ফ্যারাডে** তাঁর নিভৃত গবেষণা-গারের একান্তে বসে যে অদ্ভুত শক্তির অবতারণা করে মানুষের হাতে বেতার-শাস্ত্রের অগ্রগতির প্রধানতম উপকরণটুকু তুলে দিয়েছিলেন আজ ও আগামী কালের মানুষ

সেজন্য তাঁর কাছে চিরঋণী হয়ে থাকবে। তিনি দেখতে পেয়েছিলেন, কোন একটি তারের মধ্য দিয়ে যদি বৈদ্যুতিক প্রবাহ (ইলেকট্রিক কারেণ্ট) চালনা করা হয়, তা হলে কিছু দূরে অবস্থিত আর একটি তারের মধ্যেও বৈদ্যুতিক প্রবাহ সৃষ্টি করা যায়। তাই তিনি কয়েক ইঞ্চি ব্যাসবিশিষ্ট একটি লৌহখণ্ডের (আয়রণ কোর) উপর তারকুণ্ডলী (কয়েল) জড়িয়ে নিয়ে ২নং চিত্রের ন্যায়, তার এক প্রান্তে একটি ব্যাটারী ও অপর প্রান্তে একটি টেপাসুইচ (পুস্‌বাটন্ সুইচ) সংযুক্ত করে বৈদ্যুতিক প্রবাহ চালনার ব্যবস্থা করেন এবং আর একটি অনুরূপ কয়েল প্রস্তুত করে ও তার দুই প্রান্তে একটি গ্যালভ্যানোমিটার (Galvano Meter) নামে একটি বৈদ্যুতিক প্রবাহ-পরিমাপক যন্ত্র সংযুক্ত করে, ২নং চিত্রের ন্যায় পূর্ব্বের ঐ কয়েলটির নিকট স্থাপিত করেন।

মাইকেল ফ্যারাডে

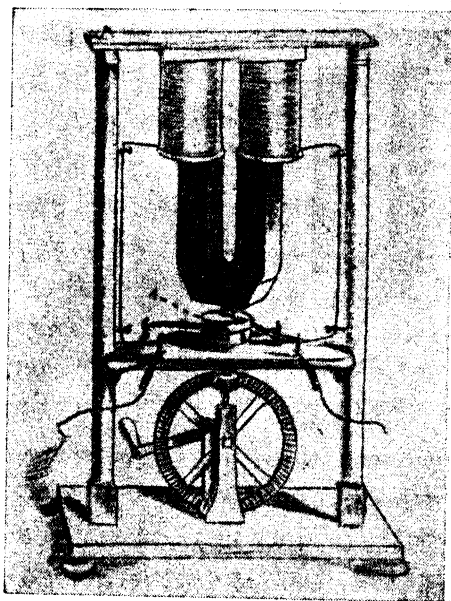
১৮০১—১৮৬৭

এইবার পরীক্ষা করতে গিয়ে ফ্যারাডে দেখতে পেলেন যে, যখনই পুস্‌বাটন্ সুইচকে সামান্য একটু চাপ দিয়ে ব্যাটারী সংযোগ দ্বারা প্রথম কয়েলের মধ্যে বৈদ্যুতিক প্রবাহ প্রয়োগ করা হয়, তখনই দ্বিতীয় কয়েলের সঙ্গে সংযুক্ত

গ্যালভ্যানোমিটারের কাঁটাটি নড়ে ওঠে। এই ঘটনার উৎপত্তি হয় ঠিক ব্যাটারী সংযোগের মুহূর্ত্তে। আবার যে মুহূর্ত্তে পুস্‌বাটন্ সুইচকে ছেড়ে দিয়ে ব্যাটারী সংযোগ ছিন্ন করা হয়, কেবল তখনই গ্যালভ্যানোমিটারের কাঁটা পুনরায় নড়ে ওঠে,—কিন্তু এবার বিপরীত দিকে। বৈদ্যুতিক প্রবাহ বর্ত্তমান থাকা অবস্থায় অর্থাৎ কন্‌ষ্টাণ্ট থাকা অবস্থায় গ্যাল-ভ্যানোমিটারের কাঁটার কোন নড়চড় হয় না।

২নং চিত্র—এখানে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ইনডাকশানকে পরীক্ষা মূলকভাবে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে।

যে কয়েলের সঙ্গে গ্যালভ্যানোমিটার সংযুক্ত ছিল, ৫নং চিত্রের ন্যায় ফ্যারাডে হঠাৎ একটি চুম্বকদণ্ড (ম্যাগনেটিকবার) ঐ কয়েলের মধ্যে প্রবেশ করাতে গিয়ে দেখতে পেলেন যে, গ্যালভ্যানোমিটারের কাঁটাটি নড়ে ওঠে। তিনি আরও লক্ষ্য করলেন যে ম্যাগনেটটিকে কয়েলের মধ্যে প্রবেশ করাবার সময় গ্যালভ্যানোমিটারের কাঁটা যেদিকে নড়ে, ম্যাগনেটটিকে বের করে নেবার সময় কিন্তু কাঁটাটি তার বিপরীত দিকে নড়ে ওঠে। তখন তিনি এই সিদ্ধান্তে উপনীত হলেন যে, **চুম্বক শক্তিকেও বৈদ্যুতিক শক্তিতে রূপান্তরিত করা চলে।**

তাঁর এই দার্শনিক ধারণা বদ্ধমূল হয়েছিল ইংলণ্ডের রয়াল সোসাইটিতে কার্য্যকালে আর একটি ঘটনার মধ্যদিয়ে। ঘটনাটি জানতে গেলে ইংলণ্ডের রয়াল সোসাইটি সম্বন্ধে কিছু জানা প্রয়োজন।

১৭৯৯ সালে রয়াল সোসাইটি প্রতিষ্ঠিত হয়। ধারাবাহিক ভাবে বৈজ্ঞানিক গবেষণার সুযোগ সৃষ্টি করা এবং জনসাধারণের মধ্যে বিজ্ঞানের প্রচার করাই ছিল ঐ প্রতিষ্ঠানের উদ্দেশ্য। রয়াল সোসাইটি প্রতিষ্ঠিত হওয়ার কিছুদিন পরেই হ্যাম্‌ফ্রি ডেভী এখানে রসায়ন সম্পর্কিত গবেষণার পরি-

৩নং চিত্র—১৮৩১ সালে আবিষ্কৃত প্রথম ডায়নামো

চালনার সুযোগ লাভ করেন। ডেভী তাঁর স্বভাবসিদ্ধ সহজ, সুন্দর ভাষায় কঠিন বৈজ্ঞানিক তথ্যকে জনসাধারণের নিকট পরিবেশন করতেন। বিজ্ঞানের জয়যাত্রার কাহিনী শুনবার জন্য ইংলণ্ডের জনসাধারণ দলে দলে রয়াল সোসাইটির

সভামণ্ডপে ভীড় জমাতো। ঐ সময়ে কামারের ছেলে মাইকেল ফ্যারাডে দৈনন্দিন অন্ন সংস্থানের জন্য ম্যাঞ্চেষ্টার স্কোয়ারের কাছে অবস্থিত ব্লাণ্ডফোর্ড ষ্ট্রীটে এক দপ্তরীখানায় বই বাঁধায়ের কাজ করতেন। বই বাঁধাই করতে বসে ফ্যারাডের কৌতূহল উদ্দীপ্ত হলো। তার মধ্যে কি লেখা আছে তা জানবার জন্য তিনি একে একে বই-গুলি পড়তে আরম্ভ করলেন। বিশেষভাবে, রসায়ন ও বিদ্যুৎ-সম্প-র্কিত বইগুলি তাঁকে বিশেষ আকর্ষণ করতো। বিভিন্ন উপায়ে পয়সা বাঁচিয়ে নানা রকম জিনিসপত্র কিনে তিনি বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি নির্ম্মাণের চেষ্টা করতেন। আর বিভিন্ন বই থেকে নোট সংগ্রহ করে নিজের খাতা ভর্ত্তি করে

স্যার হাম্‌ফ্রি ডেভী
১৭৭৮—১৮২৯

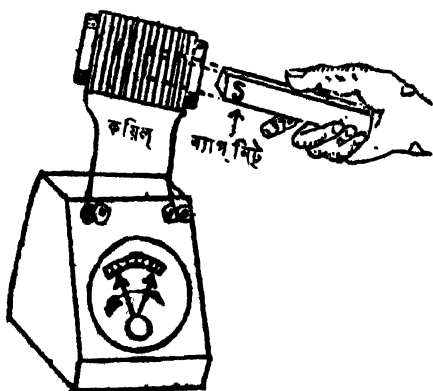
ফেলতেন—যদিও শৈশবে ভালভাবে লেখাপড়া শেখার সুযোগ তাঁর কোনদিনই ঘটেনি। ঐ দপ্তরীখানা-বিশ্ব-বিদ্যালয়ের মধ্য থেকেই ফ্যারাডে তাঁর মূল লক্ষ্য জ্ঞানের প্রেরণা লাভ করেছিলেন। শিক্ষার প্রতি তাঁর আগ্রহ দেখে দপ্তরীখানার মালিক তাঁর প্রতি আকৃষ্ট হয়েছিলেন এবং তাঁকে উৎসাহ দেবার জন্য রয়াল সোসাইটিতে তখন

ডেভী বিজ্ঞান সম্বন্ধে যে সমস্ত বক্তৃতা দিতেন, তা শুনবার জন্য পয়সা দিয়ে টিকিট কিনে দিতেন। এইভাবে ফ্যারাডেও যেতেন সেই সভামণ্ডপে, ডেভীর রসায়ন সম্বন্ধে বক্তৃতা শুনতেন আর তা নোট করে নিতেন। তাঁর ঐ নোট দেখে দপ্তরীখানার মালিক তাঁকে দিয়ে নোটগুলি ভাল ভাবে লিখিয়ে সংশোধনের জন্য ডেভীর কাছে পাঠিয়ে দিয়েছিলেন। ডেভী তাঁর নিজের বক্তৃতার অত সুন্দর নোট দেখে ১৮১৩ সালে ফ্যারাডেকে তাঁর ল্যাবরেটারী-এসিষ্টেন্ট হিসাবে গ্রহণ করেছিলেন।

অকস্মাৎ ঐ সুযোগ লাভে অসংখ্য সম্ভাবনায় উজ্জ্বল নতুন এই জীবন ফ্যারাডেকে অনুপ্রাণিত করে তুললো। তাঁদের মাঝে কাজ করে নিজেকে শিক্ষিত করে তোলবার যে বিরাট সুযোগ ও সুবিধা তিনি পেলেন তাকে ফ্যারাডে পুরোপুরিভাবে গ্রহণ করলেন। বিশেষ করে গবেষণার কৌশল ও পদ্ধতি সম্পর্কে তাঁর দক্ষতা অদ্ভুতভাবে বৃদ্ধি পেতে লাগলো।

এইভাবে সাত বছর কেটে যাবার পর ১৮২১ সালে ঘটনাক্রমে একদিন বৈজ্ঞানিক **ওয়ালষ্টান** এলেন ডেভীর কাছে, রয়াল সোসাইটিতে। তাঁর হাতে ছিল এক গোছা তামার তার ও একটি চুম্বক সূচী। দুজনে মিলে পরীক্ষা সুরু করতে গিয়ে দেখতে পেলেন তারের মধ্য দিয়ে যখন বিদ্যুত-প্রবাহ চলে তখন ঐ চুম্বক-সূচীটি কাছে নিয়ে গেলেই তা বিক্ষিপ্ত হয়ে যায়। চুম্বক ও বিদ্যুত-প্রবাহ দুটি সম্পূর্ণ ভিন্ন ব্যাপার, কিন্তু নিশ্চয় এদের মধ্যে কোন সম্বন্ধ রয়েছে, তা না হলে এ ঘটনার উদ্ভব হবে কি করে? ডেভী ব্যাপারটি তো লক্ষ্য করে চলে গেলেন—কিন্তু বিষয়টি ফ্যারাডের মনে গভীর ভাবে

রেখাপাত করলো। তার মনে হলো বিদ্যুত-প্রবাহের সাথে চুম্বক-শক্তির যে সম্পর্ক, তা যদি সত্যি হয়, তবে নিশ্চয়ই চুম্বক-শক্তির সাহায্যে বিদ্যুত-প্রবাহকে প্রভাবিত করা যেতে পারে।—এই দার্শনিক ধারণা ফ্যারাডেকে অনুপ্রাণিত করলো। ফলে বিভিন্ন উপায়ে পরীক্ষা করতে করতেই ১৮৩১ সালের ১৭ই অক্টোবর—ডায়নামোর মূল নীতিটি তিনি আবিষ্কার করলেন।

পূর্ব্বেই বলেছি একটি কয়েলের নিকট স্থায়ী চুম্বক (পারমানেণ্ট ম্যাগনেট) আন্দোলিত করেই বৈদ্যুতিক শক্তি

৫নং চিত্র – ফ্যারাডে আবিষ্কৃত ইলেকট্রো ম্যাগনেটিক ইনডাকশন।

উৎপাদনের কৌশল উদ্ভূত হয়েছিল। কয়েল ও চুম্বক, এ দুয়ের মধ্যে যতক্ষণ আপেক্ষিক গতি থাকবে ততক্ষণ বৈদ্যুতিক প্রবাহও থাকবে। একেই বলা হয় **ইলেক্‌ট্রোম্যাগনেটিক ইনডাকশন** (Electromagnetic Induction)।

ধীরে ধীরে গবেষণার দ্বারা ফ্যারাডে ঐ দিক-পরিবর্ত্তনকারী বৈদ্যুতিক প্রবাহকে একাভিমুখী ও স্থায়ী করে তোলেন এবং

২৮শে অক্টোবর হাতে-তৈরী একটি ডায়নামো প্রস্তুত করতে সমর্থ হন।

১৮৩৫ সালে ফ্যারাডে পুনরায় ইন্‌ডাকশন নিয়েই কাজ আরম্ভ করলেন, তবে এবারে আর প্রবাহ-বিদ্যুৎ জাতীয় ইন্‌ডাকশন নয়। স্থায়ী বিদ্যুৎ থেকে সে ইন্‌ডাকশন হয় তা নিয়েই এখন গবেষণা সুরু করলেন।

দুটি ব্যবধানযুক্ত পদার্থের মধ্যে যে ইন্‌ডাকশন হয় তা লক্ষ্য করতে গিয়ে ফ্যারাডে দেখতে পেলেন যে, পদার্থ দুটির ব্যবধান রচনাকারী বস্তুর ধর্ম্মের উপরই ইন্‌ডাকশন নির্ভর করে অর্থাৎ পদার্থ দুটির মধ্যস্থলে যদি বায়ু থাকে তবে ইন্‌ডাকশনের ফলে যে চার্জ্জ সৃষ্টি হবে, ঐ স্থানে অভ্র থাকলে অন্য রকম অবস্থা দেখা দেবে। এই থেকেই ডাই-ইলেকট্রিক (Di-electric) শব্দটি তিনি সৃষ্টি করলেন।

(আজকের দিনে রেডিও, ইলেকট্রনিক এবং অন্যান্য বৈদ্যুতিক কাজে কনডেন্সার (Condenser) এর ব্যবহার অপরিহার্য্য। দুটি পরিবাহী (Conductor) পদার্থের মধ্যে কোন ডাই-ইলেকট্রিকের ব্যবধান থাকলেই তা কন্‌ডেন্সার হয়ে ওঠে। আর ডাই-ইলেকট্রিকের ধর্ম্মের তারতম্যের উপর কন্‌ডেন্সারের ক্যাপাসিটি নির্ভর করে। (এ সম্বন্ধে পরে বিশদ্ ভাবে বর্ণনা করা হয়েছে) ডাই-ইলেকট্রিক সম্পর্কে মাইকেল ফ্যারাডের এই আবিষ্কার কন্‌ডেন্সার তৈরী ও ব্যবহারের পথ প্রস্তুত করেছিল।)তাই কন্‌ডেন্সারের একক (unit) কে ফ্যারাডের নাম অনুযায়ী "ফ্যারাড" বলা হয়।

মাইকেল ফ্যারাডে বিশ্ব-বিজ্ঞানের সম্মুখে এক নূতনতম দ্বার উন্মুক্ত করে ১৮৬৭ সালের ২৫শে আগষ্ট বিপুল খ্যাতি ও সম্মানের মধ্য দিয়ে বিজ্ঞানজগত থেকে চিরবিদায় নিলেন।

কিন্তু ফ্যারাডের আবিষ্কৃত ঐ যে মাধ্যম (Medium) যার দ্বারা কয়েলদ্বয়ের (২নং চিত্রে অঙ্কিত) মধ্যে ইলেকট্রো-ম্যাগনেটের একটি প্রতিক্রিয়া (Electromganetic effect)

সৃষ্টি হচ্ছিল, অর্থাৎ যে মাধ্যমের দ্বারা ঐ প্রথম কয়েলের বৈদ্যুতিক তরঙ্গ (Electrical waves) শূন্যের মধ্য দিয়ে দ্বিতীয় কয়েলে গিয়ে উপস্থিত হচ্ছিল সেটা যে কি, ফ্যারাডের তখন তা জানা ছিল না। সে তথ্য আবিষ্কার করেন একজন ইংরেজ বৈজ্ঞানিক **জেমস্ ক্লার্ক ম্যাক্সওয়েল**। (১৮৬৪ সাল থেকে ১৮৭১ সালের মধ্যে ম্যাক্সওয়েল অঙ্কশাস্ত্রের মধ্য দিয়ে প্রমাণ করেছিলেন যে, বিদ্যুত-চুম্বক-তরঙ্গ (Electromagnetic waves) বলে বিদ্যুতের ক্ষেত্রে একপ্রকার তরঙ্গ (Waves) আছে এবং ফ্যারাডে যার মধ্য দিয়ে ঐ ওয়েভসকে ট্রান্সমিট (Transmit) অর্থাৎ চালনা করেছিলেন, সেটা হলো **"ঈথার"** (Ether)।)

জেমস্ ক্লার্ক ম্যাক্সওয়েল
১৮৩১—১৮৭৯

তিনি লাইট ওয়েভসকে ইলেকট্রো ম্যাগনেটিক ওয়েভসেরই উপাদান বলে বর্ণনা করে গেছেন। ইলেকট্রো ম্যাগনেটিক ওয়েভসের অস্তিত্ব সম্বন্ধে তিনি এই যুক্তি দেখিয়েছিলেন যে, মানুষ যেমন প্রতি সেকেণ্ডে উৎপন্ন ১৬ থেকে ১৬,০০০ সাইক্ল স্পন্দন (Frequency) যুক্ত শব্দকেই শ্রবণ করতে পারে এবং ১৬ সাইক্লের কম ও ১৬,০০০ সাইক্লের বেশী স্পন্দনযুক্ত শব্দের অস্তিত্ব বর্ত্তমান থাকা সত্ত্বেও যেমন সে শব্দ মানুষের শ্রবণ-ইন্দ্রিয়ে

কোন প্রতিক্রিয়ার সৃষ্টি করতে পারে না (শ্রবণ করা যায় না) তেমনি আলোকতরঙ্গ (Light Waves) ছাড়াও ঈথার সমুদ্রে একপ্রকার ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভস (Electromagnetic Waves) বর্ত্তমান, যা মানুষের দৃষ্টিতে অবলোকন করা যায় না।

ম্যাক্সওয়েল এই ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভসের গতির তুলনা করতে গিয়ে বলেছেন—"জলে ঢিল ফেললে যেমন ঢেউ উঠে—জগতজোড়া যে বিস্তৃত ঈথার-সমুদ্র আছে তাতে বেতারযন্ত্রও ঠিক সেই রকম বিদ্যুতের ঢেউ তুলতে থাকে। জলের ঢেউ সেকেণ্ডে দু হাত চার হাত যায়, কিন্তু বিদ্যুতের ঢেউ (এ ক্ষেত্রে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভস) সেকেণ্ডে ১,৮৬,০০০ মাইল গতিতে ঈথার সমুদ্রের (শূন্যের) মধ্য দিয়ে ছুটতে থাকে। হিসাব করে দেখা গেছে, এত দ্রুত এই ঢেউগুলির গতি যে আমরা মুখে 'ক' উচ্চারণ করতে না করতেই এরা সমস্ত পৃথিবীকে সাড়ে সাত পাক ঘুরে আসে।

তাহলে মোটের উপর আমরা লাইট ওয়েভসকে এক প্রকার বিশেষ ধরণের ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভস বা ভাইব্রেশন (Vibration) বলে বর্ণনা করতে পারি যা সচরাচর আমাদের দৃষ্টিগোচর হয় (which affect our sense of sight) আর রেডিও ওয়েভসও এক প্রকারের ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ভাইব্রেশন যা আমাদের দৃষ্টির গোচরীভূত হয় না। উভয় ওয়েভসেরই গতি সমান, কারণ উভয়েই প্রতি সেকেণ্ডে ১,৮৬,০০০ মাইল গতিতে শূন্যের মধ্য দিয়ে চলাফেরা করে, তবে কম্পন বা স্পন্দনহার তাদের সমান নয় (এদের প্রকৃত কম্পনহার পরে বলা হবে)।

বিদ্যুৎ সম্বন্ধে ম্যাক্সওয়েল এ-ও প্রমাণ করে গেছেন যে, লাইট ওয়েভস উৎপন্ন হয় ঈথারের পাশাপাশি কম্পনে এবং বিদ্যুত-প্রবাহ ও চুম্বক-শক্তি জন্মে ঈথারের ঘূর্ণীপাকে।

কিন্তু ম্যাক্সওয়েল তাঁর কোন আবিষ্কারই হাতেকলমে প্রদর্শন করে দেখাতে পারেন নি। তিনি তাঁর অঙ্কশাস্ত্রের মধ্য দিয়েই তাঁর মতবাদ সকল বৈজ্ঞানিককে মেনে নিতে বাধ্য করেছিলেন। ম্যাক্সওয়েলের এই অঙ্কশাস্ত্রের উপর নির্ভর করেই বিখ্যাত জার্মাণ প্রোফেসার **হাইনরিক্ রুডলফ হেরৎজ্** (Heinrich Rudolf Hertz) তাঁর নবনির্ম্মিত বিদ্যুৎ-স্ফুলিঙ্গ উৎসারক যন্ত্র (Electric Spark Discharger) দ্বারা ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ওয়েভসের

হাইনরিক্ রুডলফ হেরৎজ

১৮৫৭—১৮৯৪

অস্তিত্ব প্রমাণ করে গিয়েছেন, যা পরে রেডিও ওয়েভস বা হেরৎজীয়ান ওয়েভস (Radio Waves of Hertzian Waves) নামে পরিচিত হয়েছে। ঐ রেডিও ওয়েভস বা হেরৎজীয়ান ওয়েভসই প্রেরক-যন্ত্র (Transmitter) থেকে গান, বাজনা, আবৃত্তি প্রভৃতি বহন করে নিয়ে ঈথার সমুদ্রে (শূন্যে) ঢেউয়ের সৃষ্টি করতে সমর্থ হয়েছে।

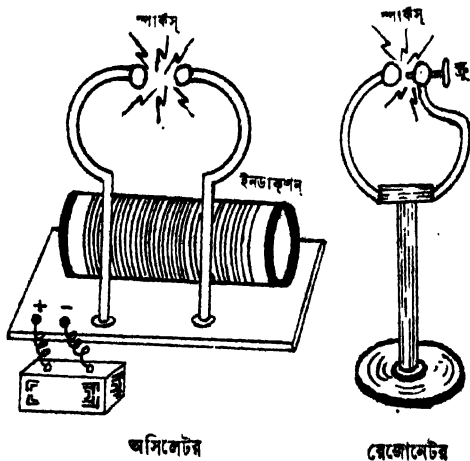
ম্যাক্সওয়েলের ন্যায় হেরৎজের মতেও লাইট ওয়েভস ও

ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভস একই ব্যাপার। তফাতের মধ্যে এই যে, লাইট ওয়েভসের ওয়েভগুলি (ঢেউগুলি) খুব ছোট, এক ইঞ্চিতে সেগুলি দেড় কোটি থেকে আড়াই কোটি পর্য্যন্ত পাশাপাশি থাকতে পারে। কিন্তু অপরটির এক একটা ওয়েভ প্রায় দুই ইঞ্চি থেকে আরম্ভ করে ১১০০০ গজের সমান।

হেরৎজ্, ঈথারের এই ঢেউ সৃষ্টি করার জন্য ৭নং চিত্রের বামদিকে অঙ্কিত চিত্রের ন্যায় খুব বড় একটা তার কুণ্ডলীর (ইন্‌ডাকশন কয়েল) ভিতর দিয়ে বিদ্যুত-প্রবাহকে চালাবার পর তাকে দুটো পিতলের বলে নিয়ে এলেন। এই বল দুটোর মাঝে খুব সামান্য ফাঁক রাখা হয়েছিল বলেই বজ্রের মতো আওয়াজে বৈদ্যুতিক স্ফুলিঙ্গ ঐ দুটো বলের মধ্য দিয়ে চলাফেরা করতো। এই স্ফুলিঙ্গের একটা ভয়ানক ধাক্কা খেয়েই ঈথার উঠতো কেঁপে, আর তারই ফলে ঈথারের মধ্যে একটা উঁচু-নীচু ঢেউয়ের সৃষ্টি হতো।

কিন্তু শুধু ঢেউয়ের সৃষ্টি করলেই তো আর চলবে না। সেগুলির অস্তিত্ব জানার উপায় কোথায়? জলের ঢেউ নদীর পার ভাঙ্গে, জলের উপরকার ভাসমান সব জিনিসকে ধাক্কা মেরে নাচায়। এগুলি যেমন চোখে দেখা যায়, তেমনি আবার বাতাসের যে ঢেউয়ে শব্দ হয়, তা কানের পর্দ্দায় ধাক্কা দিলেই আমরা শব্দ শুনি—কাঁচের শার্শি দেওয়া জানালাতে ধাক্কা দিলে ঝন্‌ঝন্ করে ওঠে। লাইট ওয়েভস বা আলোর ঢেউ সম্বন্ধেও ঐ একই কথা। আলোর ঢেউ চোখে এসে পড়লে আমরা আলো দেখি। কিন্তু এই বিদ্যুতের ঢেউয়ের (এ ক্ষেত্রে রেডিও ওয়েভস) পরিচয় পাওয়া যাবে কি করে? তাই হেরৎজ্ তাঁর আবিষ্কৃত ঢেউগুলির অস্তিত্ব

প্রমাণ করবার জন্য ঢেউ ধরবার ফাঁদ আবিষ্কারে মন দিলেন।

বহু পরীক্ষার পর ৭নং চিত্রের ডান পার্শ্বে অঙ্কিত চিত্রের ন্যায় আর একটি তারের বড় আংটা তৈরী করে তার শেষে দুই মাথার সংযোগ স্থানে সামান্য একটু (কাটা দাগের মত) ফাঁক রেখে আগের যন্ত্রের কাছে এনে তিনি দেখতে

৭নং চিত্র—হেরৎজ্ আবিষ্কৃত অসিলেটরটি প্রেরক যন্ত্র ও রেজোনেটরটি গ্রাহক-যন্ত্র হিসাবে ব্যবহৃত হয়।

পেলেন যে, ঈথারে যে বৈদ্যুতিকশক্তি সৃষ্টি করা হলো তারই খানিকটা এই আংটায় পড়ে ঐ কাটা ফাঁকটির মাঝে চিত্রের ন্যায় ছোট স্ফুলিঙ্গের (স্পার্কস) সৃষ্টি করছে। তিনি আরও লক্ষ্য করলেন যে তাঁর প্রেরক-যন্ত্র (বাম পার্শ্বে অঙ্কিত) ঐ আংটার মাঝে স্ফুলিঙ্গের সৃষ্টি করতে পারে না। ভালভাবে

স্ফুলিঙ্গের সৃষ্টি করতে হলে প্রেরক-যন্ত্র অনুযায়ী গ্রাহক-যন্ত্রের ঐ তারের আংটাটি একটি নির্দ্দিষ্ট মাপের হওয়া দরকার। অর্থাৎ প্রেরক-যন্ত্র থেকে প্রেরিত ওয়েভসগুলি যেমন কমে-বাড়ে, তেমনি গ্রাহক-যন্ত্রের স্ক্রুটিকে ঘুরিয়ে আংটার মাঝের ফাঁকটা কম-বেশী না করলে স্ফুলিঙ্গ হয় না অর্থাৎ প্রেরিত ওয়েভসগুলি গ্রাহক-যন্ত্রে ধরা পড়ে না।

এইভাবেই (হেরৎজ ঈথার সমুদ্রের (শূন্যের) মধ্য দিয়ে রেডিও ওয়েভসকে চালনা করতে সমর্থ হয়েছিলেন।) তিনি তাঁর প্রেরক-যন্ত্রকে **"অসিলেটর"** (Oscillator) এবং গ্রাহক-যন্ত্রকে **"রেজোনেটর"** (Resonator) নাম দিয়ে ছিলেন। ২ ছবিতে আমরা রেজোনেটরকে অসিলেটর থেকে কিছু দূরে দেখতে পাচ্ছি। এ থেকে সহজেই বোঝা যায় যে, অসিলেটরের ঐ স্ফুলিঙ্গকে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভ-সের সাহায্যে রেজোনেটরে একরকম লাফিয়েই যেতে হয়। এইভাবে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভসের সাহায্যে এক স্থান থেকে অপর স্থানে যাওয়ার নামই **ইন্‌ডাকশন** (Induction)।

দুঃখের বিষয় হেরৎজের কার্য্য তাঁর গবেষণাগারেই সীমাবদ্ধ ছিল। তিনি তাঁর আবিষ্কারকে টেলিগ্রাফির কার্য্যে লাগাবার কোন ইঙ্গিতই পাননি। তবে একথা আমাদের স্বীকার করতেই হবে যে—**"আজকের এই আধুনিক বেতার-যন্ত্রের আবিষ্কারের মূলে তাঁর ঐ ক্ষুদ্র পরীক্ষাই হলো পথ প্রদর্শক"**।

পূর্ব্বেই বলেছি হেরৎজ তাঁর আবিষ্কৃত রেডিও ওয়েভসকে হেরৎজীয়ান ওয়েভস নামে অভিহিত করেছিলেন। কেহ কেহ আবার **"হেরৎজ"** কথাটিকে ফ্রিকোয়েন্সির ইউনিট (Unit

of Frequency) অর্থাৎ স্পন্দন হারের একক হিসাবে ব্যবহার করে থাকেন।

হেরৎজ তাঁর পরীক্ষা সম্পন্ন করেছিলেন ১৮৮৮ সালে। কিন্তু ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভসকে কার্য্যকরী ভাবে প্রয়োগ করেছিলেন ইতালীর একজন যুবক **গুগ্লিয়েল্মো-মার্কনী** (Guglielmo Marconi)।

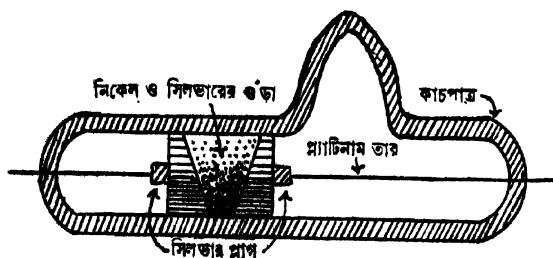
মার্কনী তাঁর যুবা বয়সেই ম্যাক্সওয়েল এবং হেরৎজের আবিষ্কার দ্বারা কি ভাবে দূরদেশে সঙ্কেত পাঠান যেতে পারে তাই নিয়ে চিন্তা করতে লাগলেন।

তিনিও তাঁর পরীক্ষার মধ্য দিয়ে প্রমাণ করলেন যে, ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভস সাধারণ লাইট ওয়েভসের অনেকখানি বিষয় অধিকার করে আছে। কারণ উভয়েই সেকেণ্ডে ১,৮৬,০০০ মাইল গতিতে চলে। কিন্তু ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভস, লাইট ওয়েভস অপেক্ষা দৈর্ঘ্যে অনেকখানি বড়।

গুগ্লিয়েল্মো মার্কনী
১৮৭৪—১৯৩৭

১৮৯৪ সালে তিনিই প্রথম ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভস দ্বারা শূন্যের মধ্য দিয়ে অর্থাৎ ঈথারে ঢেউ সৃষ্টি করে কয়েক মাইল পর্য্যন্ত সঙ্কেত পাঠাতে সক্ষম হয়েছিলেন।

১৮৯৫ সালে ২২ বৎসর বয়সে যুবক মার্কনী বোলোনাতে

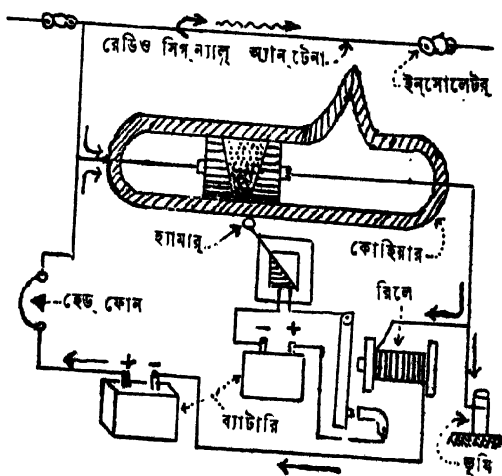
অবস্থিত পিতৃগৃহে তাঁর প্রথম পরীক্ষা আরম্ভ করলেন। হেরৎজের আবিষ্কৃত রেজোনেটর নিয়ে পরীক্ষা করতে গিয়ে তিনি দেখতে পেলেন যে, রেজোনেটরে অবস্থিত আংটার যে দুটো মাথার ফাঁক দিয়ে বিদ্যুতের ঐ স্ফুলিঙ্গ চলাফেরা করে তার একটার সঙ্গে লম্বা খানিকটা তার সংযুক্ত করে মাটির নীচে পুঁতে দিয়ে এবং আর একটা মাথাকে মাস্তুলের মতো করে আকাশের দিকে খাড়া করে লাগিয়ে দিয়ে প্রেরক ও গ্রাহক-যন্ত্র অর্থাৎ অসিলেটর ও রেজোনেটরের মধ্যে বেশ খানিকটা ব্যবধান সৃষ্টি করলে পূর্ব্বের ন্যায় একই বিদ্যুত-স্ফুলিঙ্গ (স্পার্কস) পাওয়া যায়।

৯নং চিত্র—মার্কনী নির্ম্মিত কোহিয়ারের চিত্র।

তাঁর বৈজ্ঞানিক যন্ত্রের মধ্যে তারযুক্ত টেলিগ্রাফিতে ব্যবহৃত বিখ্যাত **মোরস্-কি** (Morse-Key) ছিল একটি **এক্সাইটার** (Exciter) এবং একটি **কোহিয়ার** (Coherer)।

৯নং চিত্রের ন্যায় একটি কাচ-নলের মধ্যে কতকগুলি ধাতব কুচি রেখে এবং কাচনলের দুই প্রান্ত দিয়ে দুটি তার ঐ ধাতব কুচির মধ্যে প্রবিষ্ট করিয়ে মার্কনী তার কোহিয়ার যন্ত্র নির্ম্মাণ করেছিলেন।

এই কোহিয়ার যন্ত্রে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভস্ প্রবিষ্ট

করাবার জন্য, একটি তার শূন্যে উত্তোলন করে কোহিয়ারের এক প্রান্ত ঐ উত্তোলিত তারে এবং অপর প্রান্ত ভূমিতে সংযোগ করেছিলেন। এই উত্তোলিত তারের নাম দিয়েছিলেন **এ্যান্টেনা বা এরিয়াল** (Antenna or Aerial)।

১০নং চিত্রে অঙ্কিত **কোহিয়ার-সার্কিটের** এরিয়ালের দিক থেকে দেখতে গেলে দেখা যাবে **কোহিয়ারটি** এরিয়াল

১০নং চিত্র—একটি কোহিয়ার যুক্ত সার্কিট।

ছাড়াও আর একটি রিলের (Relay) সহিত সংযুক্ত। কাচ-নলের মধ্যস্থিত ধাতব কুচিগুলি যখন আল্গাভাবে থাকে, তখন রিলে ও হেডফোনের মধ্য দিয়ে খুব কম কারেন্ট প্রবাহিত হয়। কিন্তু যখন সঙ্কেত (Signal) এসে এরিয়ালে উপস্থিত হয়

তখন কোহিয়ারের মধ্য দিয়ে তা প্রবাহিত হওয়ার ফলে ঐ ধাতব কুচিগুলি সঙ্কেত অনুযায়ী সাজিয়ে যায় এবং আগের তুলনায় অনেক বেশী কারেণ্ট রিলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়ে রিলেকে কাজ করবার শক্তি দেয় এবং হেডফোনের মধ্যে একটি "ক্লিক" শব্দের সৃষ্টি করে। চিত্রে তীরচিহ্ন দ্বারা তা দেখান হয়েছে।

এই কারেণ্ট রিলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়ে রিলের আরমেচারটিকে টেনে ধরে এবং চিত্রের ন্যায় দুটি সংযোগকে যুক্ত করে দেয়। তারপর লোক্যাল কারেণ্ট (Local current) অর্থাৎ ব্যাটারী থেকে ইলেকট্রিক্ কারেণ্ট, রিলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়ে হাতুড়ীর (হ্যামার) সাহায্যে কাচ-নলের উপর সামান্য আঘাত করে। ফলে ধাতব কুচিগুলি পূর্ব্বের ন্যায় আল্গা হয়ে যায় এবং পরবর্ত্তী সঙ্কেত প্রবাহের জন্য প্রস্তুত হতে থাকে।

মার্কনীর প্রেরকযন্ত্রটি ছিল একটি ইন্ডাকশন কয়েল, (Induction coil) যা থেকে ইলেকট্রিক স্ফুলিঙ্গগুলি দুটি বলের মধ্য দিয়ে চলাচল করে। আর দুটির একটি এরিয়াল ও অপরটি ভূমির সহিত সংযুক্ত থাকে।

মার্কনী তাঁর আবিষ্কার ইতালীয়ান গভর্ণমেণ্টের সম্মুখে প্রদর্শন করতে আগ্রহান্বিত হন নি। তাই তিনি ১৮৯৬ সালে ইংলণ্ডে গিয়ে বৃটিশ ডাক বিভাগের কর্ত্তৃপক্ষের সম্মুখে তাঁর আবিষ্ক্রিয়া প্রদর্শন করে ইংলিশ টেলিগ্রাফি

প্রথার নায়ক স্যার উইলিয়াম প্রিস-এর অনুমোদন প্রাপ্ত হন এবং বেতার টেলিগ্রাফি প্রবর্ত্তনের অনুমতি লাভ করেন।

পুনরায় তিনি উন্নতির জন্য কাজ আরম্ভ করেন এবং কিছুদিনের মধ্যে একটি বড় আকারের ইন্‌ডাকশন কয়েল প্রস্তুত করে আকাশস্থ ঘুড়ির সাহায্যে প্রেরক ও গ্রাহক যন্ত্রেব (রিসিভার ও ট্রান্সমিটার) এরিয়ালকে আরও উচ্চে উত্তোলন করে দীর্ঘ নয় মাইল পর্য্যন্ত সঙ্কেত প্রেরণ করতে সক্ষম হয়েছিলেন। ১৮৯৭ সালের জুলাই মাসে ইতালীর গভর্ণমেণ্টের সম্মুখে ওই আবিষ্ক্রিয়া পুনরায় প্রদর্শন করে তিনি দীর্ঘ বার মাইল দূরে অবস্থিত যুদ্ধ জাহাজের মধ্যে সংযোগ স্থাপন করেন। ফলে, লাইট-হাউস ও জাহাজগুলির মধ্যে বেতার যন্ত্র স্থাপনের পরিকল্পনা হয় এবং যন্ত্রপাতি নির্ম্মাণেরও ব্যবস্থা করা হয়।

এবার একজন বাংলার শ্রেষ্ঠ বৈজ্ঞানিকের পরিচয় দিয়ে আমার বেতারের জন্মকথা শেষ করবো।

(বেতারের জন্মদাতা কে ? এ প্রশ্ন উঠলে সকলেই মার্কনীকে উল্লেখ করে থাকেন। কিন্তু তাঁর আগেও একজন বাঙ্গালী বৈজ্ঞানিক, **আচার্য্য জগদীশ চন্দ্র বসু** এ বিষয়ে বিশেষ সাফল্য লাভ করেছিলেন। তিনিও বেতার-তরঙ্গ (রেডিও ওয়েভস) প্রেরণ ও গ্রহণ সম্পর্কে গবেষণা করে সঙ্কেত প্রেরণে সমর্থ হয়েছিলেন।

তাঁর এই আবিষ্কার, মার্কনীর আবিষ্কারের বহু পূর্ব্বে সাধিত হয়েছিল। মার্কনীর এই সাফল্যের পিছনে একমাত্র যুক্তিসঙ্গত কারণ হিসাবে দেখা যায় যে, তিনিই প্রথম রেডিও ওয়েভসকে দূরদেশে প্রেরণ করতে সমর্থ হয়েছিলেন। আচার্য্য জগদীশ চন্দ্রের আবিষ্কৃত তথ্যগুলিই মার্কনীর আবিষ্কারের পথ প্রস্তুত করে দিয়েছিল।

আচার্য্য জগদীশ চন্দ্র বসু

১৮৫৮—১৯৩৭।

১৮৯৪ সালে আচার্য্য জগদীশ চন্দ্র বসু প্রেসিডেন্সী কলেজে পরীক্ষার জন্য একটি ঘরে রেডিও ওয়েভসের সৃষ্টি করে পাশের ঘরে অবস্থিত একটি ছোট মাইনকে এই ওয়েভসের সাহায্যে ফাটিয়ে ফেলতে সক্ষম হয়েছিলেন। ১৮৯৫ সালে ইংলণ্ডের রয়াল সোসাইটিতে রেডিও ওয়েভস প্রেরণ ও গ্রহণের পদ্ধতি তিনিও প্রদর্শন করেছেন। কিন্তু দুঃখের বিষয়

মার্কনীর আবিষ্কারের ফলে ইউরোপ ও আমেরিকার কোন পুস্তকে আচার্য্য জগদীশ চন্দ্রের আবিষ্কারের তেমন কিছু উল্লেখ নাই। তাঁর প্রেরক যন্ত্রটি ছিল একটি বাজ্জার (Buzzer) এবং গ্রাহক যন্ত্রটিও কোহিয়ার নামে পরিচিত। তখনও ভাল্‌ভ (Valve) আবিষ্কৃত হয় নি ও কৃষ্টালের গুণাগুণের সঙ্গেও এত ঘনিষ্ঠ পরিচয় ঘটেনি। আচার্য্য জগদীশ চন্দ্র বসু যেন বিশ্বের জ্ঞানভাণ্ডারে নিঃস্বার্থভাবে তাঁর সৃষ্ট সম্পদকে উপহার দিয়ে গেছেন। বেতার বিজ্ঞানের গবেষণাই শেষ পর্য্যন্ত তাঁর চিন্তাকে সূক্ষ্মানুভূতিসম্পন্ন করে তোলে এবং পরবর্ত্তীকালে মূখ-বধিরদের আহ্বানে তাঁর হৃদয় সাড়া দেয় এবং বেতার বিজ্ঞানের ক্ষেত্র থেকে তিনি চিরবিদায় গ্রহণ করেন।

——:·:——

Test Questions

1. *Who was probably one of the first to make discoveries relating to radio?*
2. *What is the unit of condenser? Why is it so called?*
3. *Who is the first designer of our present-day electric motors and generators?*
4. *Give the name of the scientist, who worked out mathematically the existence of electromagnetic waves.*

5. *In which and why do radio waves differ from light waves ? In what respect are the two kinds of waves exactly the same ?*

6. *What is the actual velocity of radio waves ?*

7. *What is the approximate length of audio frequency waves which man can hear ?*

8. *Who made the first physical demonstration of the actual existence of electromagnetic waves ?*

9. *Deseribe briefly the "Coherer" as used by Marconi.*

10. *Name the first demonastrators, who have send the signal through space.*

11. *Describe Electromagnetic Induction.*

12. *What did Marconi discover about the Hertz 'Resonator' ?*

13. *What did Marconi do to increase the distance between the resonator and oscillator ?*

14. *Name the medium, by which Faraday transmitted his signal.*

15. *Name the principle of the transferrence of electric energy by electromagnetic waves.*

দ্বিতীয় অধ্যায়

প্রাথমিক তথ্য

রেডিও (বেতার) সম্বন্ধে জ্ঞান রাখতে গেলেই তার প্রাথমিক তথ্যগুলি ভালভাবে জানা দরকার, যেমন গাছ রোপন বা বাড়ী নির্ম্মাণে দরকার ভালভাবে ভিত্তিস্থাপন, সেই রকম বেতারের বেলাও প্রাথমিক তথ্যগুলি ভালভাবে জানা চাই।

রেডিও বিশারদের কাজ অনেকটা ডাক্তারী কাজের মত। মোটর কিংবা অন্য কোন ইঞ্জিনীয়ারিং-এর কাজের দোষ চোখে দেখে নির্ণয় করা যায়। কিন্তু বেতার যন্ত্রের দোষ নির্ণয় করতে গেলেই ইঞ্জিনীয়ারদের বেতার তথ্যের উপর নির্ভর করতে হয়, যেমন রোগীর রোগ নির্ণয় করতে গেলেই ডাক্তারকে মনুষ্যদেহের কার্য্যকারীতার উপর নির্ভর করতে হয়—চোখে দেখে রোগ নির্ণয় করা যায় না। তাই প্রথমেই বেতারের প্রাথমিক তথ্যগুলির বিষয় আলোচনা করবো।

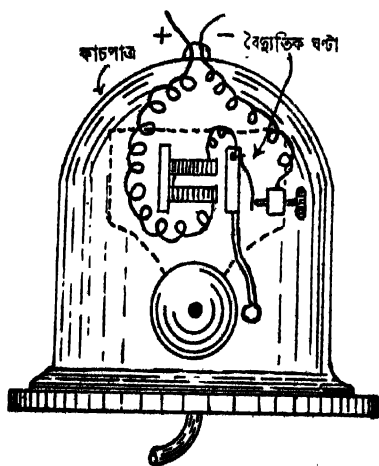
ইলেক্‌ট্রিসিটি ও রেডিওর মধ্যে পার্থক্য (The difference between Electricity and Radio)— ইলেক্‌ট্রিসিটি অর্থাৎ তড়িৎ এক প্রকারের শক্তি, যে শক্তি কেবল তারের মধ্য দিয়েই প্রবাহিত হয়ে ক্রিয়াশীল হয়। এই শক্তিকে আমরা আলোতে (Light) পরিণত

করতে পারি, উত্তাপ (Heat) রূপে রূপান্তরীত করতে পারি ও এর দ্বারা মোটর বা অন্যান্য যন্ত্রপাতি চালনা করতে পারি। আর রেডিও অর্থাৎ বেতার শক্তি বা বেতার-তরঙ্গ শূন্যের (ঈথারের) মধ্য দিয়েই প্রবাহিত হয় এবং তারের সাহায্য ব্যতিরেকেই কাজ করে। আবার এই বেতার-তরঙ্গের (রেডিও ওয়েভসের) উৎপত্তি হয়—ইলেক্ট্রিসিটিরই সাহায্যে। তাহলে দেখা যাচ্ছে যে, বিনা ইলেক্ট্রিসিটিতে বেতারের পরিচালনা অসম্ভব। কারণ, ইলেকট্রিসিটি হতে উৎপন্ন ও ঈথারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভসের সাহায্যে দূর দেশের সহিত সংযোগ সাধনের নামই **রেডিও** (Radio)।

ঈথার (Ether)—ঈথারের কথা হয়তো পূর্ব্বে অনেকেই শুনে থাকবেন। কিন্তু আমি যে ঈথারের কথা বলছি এ ঈথার সে ঈথার নয়—যে ঈথার চিকিৎসকেরা রোগীকে অজ্ঞান করায় জন্য ব্যবহার করে থাকেন। এ ঈথার সেই ঈথার, যা ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভসকে শূন্যের মধ্য দিয়ে বহন করে নিয়ে যায়।

ঈথারের প্রকৃত বর্ণনা দেওয়া সম্ভব নয়, কারণ, আজ পর্য্যন্ত কেউ এর প্রকৃত বর্ণনা দিতে সক্ষম হননি। তাই ব্যবহারিক দিক দিয়েই এর প্রকৃতি সম্বন্ধে পরিচয় দেবার চেষ্টা করবো।

কঠিন, তরল ও বায়বীয় পদার্থের সহিত আমাদের

পরিচয় আছে। এখন ধরে নেওয়া যাক যে, একটি কাচ-পাত্রের মধ্যে কঠিন, তরল ও বায়বীয় পদার্থের কোনটাই নাই, এমন কি বায়ু পর্য্যন্ত বের করে নেওয়া হয়েছে এবং কাচ পাত্রটির চারিদিক ভালভাবে বন্ধ করে দেওয়া হয়েছে। এইরূপ অবস্থায় যদি জিজ্ঞাসা করা হয়, এই কাচপাত্রটির মধ্যে কি আছে? সকলেই হয়ত বলবেন কিছুই নাই, কেবল

১২নং চিত্র বায়ুশূন্য কাচপাত্রের মধ্যে একটি বৈদ্যুতিক ঘণ্টা বসান হয়েছে।

ভ্যাকুয়াম (Vacuum) সৃষ্টি করা হয়েছে। কিন্তু আমি তাদের সংশোধন করে বলবো ঐ কাচপাত্রের মধ্যে ঈথার ছাড়া আর কিছুই নাই।

এখন প্রশ্ন উঠতে পারে যে, ঈথার কি?—তাই যদি জানতে

না পারি, তবে কি করে তার অস্তিত্ব সম্বন্ধে জানতে পারবো ? আমরা ঈথার সম্বন্ধে জানতে পারবো পরীক্ষার মধ্য দিয়ে, পরীক্ষার ফলাফল লক্ষ্য করে। উদাহরণস্বরূপ, যদি ১২নং চিত্রের ন্যায় ঐ বায়ুশূন্য কাচপাত্রটির মধ্যে একটি বৈদ্যুতিক ঘণ্টা রেখে তা বাজান যায়, তা হলেই দেখা যাবে, কোন শব্দই আমরা শুনতে পাব না। এ থেকে এই সিদ্ধান্ত করা যায় যে, **বায়ুর অনুপস্থিতিতে কোন শব্দই উৎপন্ন হতে পারে না, বায়ুর কম্পন থেকেই শব্দের সৃষ্টি।**

বৈদ্যুতিক ঘণ্টার পরিবর্ত্তে ঐ বায়ুশূন্য কাচপাত্রের মধ্যে যদি একটী বেতার-প্রেরক যন্ত্র (Radio Transmitter) রাখা যায়, তাহলে দেখতে পাব, উন্মুক্ত স্থানে থাকা অবস্থায় যেরকম বেতার-তরঙ্গ (Radio Wave) পাওয়া যায়, কাচ-পাত্রের মধ্যে বদ্ধ থাকা অবস্থাতেও ঠিক সেইরূপ বেতার-তরঙ্গ পাওয়া যায়। অতএব এই সিদ্ধান্ত করা যায় যে, বেতার-তরঙ্গের অর্থাৎ ইলেক্‌ট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভস বা রেডিও ওয়েভস-এর বিস্তৃতি বায়ুর উপর নির্ভর করে না। এর বিস্তৃতি এমন এক পদার্থের উপর নির্ভর করে, যে পদার্থ বায়ুশূন্য কাচপাত্রের মধ্যে আবদ্ধ থাকে এবং আমাদের কাছে **ঈথার** নামে পরিচিত।

তা হলে এখন আমরা এই বলতে পারি যে—**ঈথার** এমন এক পদার্থ যা কঠিন নয়, তরল নয়, বায়বীয়ও নয়, বা এমন কোন জিনিষই নয়, যা স্বাভাবিক চোখে অবলোকন

করতে পারি বা স্পর্শে অনুভব করতে পারি।" আবার একেবারে শূন্য বলে কোন জিনিষই নাই, কারণ ঈথারকে বার করে দিয়ে শূন্যের সৃষ্টি করা সম্ভব নয়।

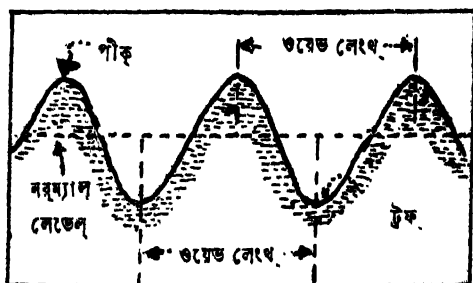
বৈজ্ঞানিকদের মতে বিশ্বের প্রতিটি অংশে ও তারকাদের

১৩নং চিত্র—স্থির জলে ঢিল ফেললে জলের মধ্যে এক প্রকার ঢেউ বা ওয়েভসের সৃষ্টি হয় এবং নিক্ষিপ্ত স্থানটিকে পয়েন্ট অব ডিসটারবেন্স বলা হয়।

আদিম রাজ্যে, এমন কি একটি জড় পদার্থের দুইটি পরমাণুর মধ্যেও ঈথারের অস্তিত্ব আছে।

ওয়েভ লেংথ্ (Wave length)—রেডিও থিওরীতে এমন অনেক জিনিষ আছে যা সোজাসুজিভাবে বর্ণনা করার

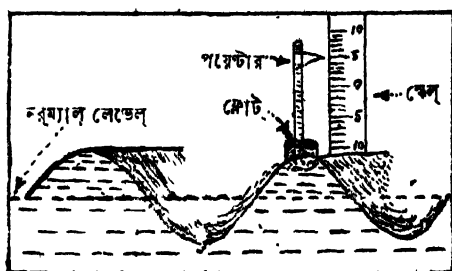
চেয়ে কোন কিছুর সঙ্গে তুলনামূলকভাবে বর্ণনা করলে বুঝতে সুবিধা হয়। তাই সহজভাবে বুঝাবার জন্য এক্ষেত্রে আমি রেডিও ওয়েভস্‌কে জলের ঢেউয়ের সঙ্গে তুলনা করবো।

স্থির জলে যদি একটা ভারী কিছু নিক্ষেপ করা যায়, তাহলে লক্ষ্য করলেই দেখতে পাব, প্রথমে জলের মধ্যে একটি আলোড়নের সৃষ্টি হয়, ফলে ঢেউয়ের সৃষ্টি হয়ে ১৩নং চিত্রের ন্যায় ক্রমশঃ তা বড় হতে হতে চারিদিকে ছড়িয়ে পড়ে। জলের যে স্থানটিতে ঢিলটি আলোড়নের সৃষ্টি

১৪নং চিত্র—এখানে ওয়েভগুলিকে বৃহৎ আকারে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে।

করে, তাকে বলা হয় **পয়েণ্ট অব্ ডিস্টারবেন্স**। এই ঢেউয়ের ফলে ১৪ নং চিত্রের ন্যায় জল প্রথমে তার উপরস্থ সমতলভাগ থেকে প্রয়োজন মত উপরে ওঠে, আবার উপরস্থ সমতলভাগ থেকে প্রয়োজন মত নীচের দিকে নামে; অর্থাৎ ঢেউ যদি জলের উপরিভাগ থেকে দুই ইঞ্চি উপরে ওঠে, পর মুহূর্তে তা ঠিক দুই ইঞ্চি নীচের দিকে

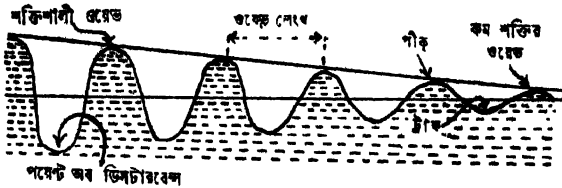
নামে। এইভাবে জলের মধ্যে তরঙ্গের সৃষ্টি হয়। এই তরঙ্গকে বিজ্ঞানের ভাষায় **ওয়েভস্** (Waves) বলা হয়। আবার ওয়েভসের সর্ব্বোচ্চ বিন্দুকে বলা হয় **ক্রেষ্ট** (Crest) বা **পিক্** (Peak) এবং সর্ব্ব নিম্ন বিন্দুকে বলা হয় **ট্রাফ** (Trough) বা **সাইন্** (Sine)। এই ক্রেষ্ট ও ট্রাফ এর দ্বারাই ওয়েভসের দৈর্ঘ্য নির্ণয় করা হয়। অর্থাৎ এক ক্রেষ্ট থেকে পরবর্ত্তী ক্রেষ্টের মধ্যে যে দূরত্ব অথবা এক ট্রাফ থেকে পরবর্ত্তী ট্রাফের মধ্যে যে দূরত্ব তাকেই বলা হয় **ওয়েভ লেংথ** (Wave Length)। এই ওয়েভ লেংথকে সহজ ভাষায় বুঝাবার জন্য গ্রীকদেশীয় ভাষা **ল্যামডা** (λ) এই সাঙ্কেতিক চিহ্ন ব্যবহার করা হয়।

ওয়েভ লেংথের পরিমাপ (Size of wave length)—জলে নাড়া দিলে ঢেউ উঠে এ কথা আগেই বলেছি। চোখে দেখা যায়, সেই ঢেউ সর্ সর্ করে জলের উপরিভাগ বেয়ে চলেছে, আর ছড়িয়ে পড়ছে। এখন যদি একবার নাড়া দিয়ে থেমে না গিয়ে বার বার নাড়া দিতে থাকি তবে পর পর এক একটি ঢেউয়ের সারি চলতে থাকবে। যদি দশ বার নাড়া দিই তো জলে দশটি ঢেউ উঠবে। যদি সেকেণ্ডে দশ বার নাড়া পড়ে তবে প্রথম ঢেউটি যখন দশ ফুট দূরে গিয়ে পৌঁছবে তখন তার পিছনে আর ৯টি ঢেউ সারি দিয়েছে, অর্থাৎ দশ ফুটের মধ্যে দশটি ঢেউ সৃষ্টি হয়েছে। এক্ষেত্রে একটি ঢেউয়ের দৈর্ঘ্য ১ ফুট।

য়্যামপ্লিচুড (Amplitude)—একটি ফাৎনার সহিত যদি একটি পয়েন্টার বা ইণ্ডিকেটর (Indicator) সংযুক্ত করে ১৫নং চিত্র অনুযায়ী জলে ভাসিয়ে দেওয়া হয় তাহলে দেখা যাবে, যখন জলটি স্থির অবস্থায় থাকে, তখন কাঁটা বা পয়েন্টারটি শূন্যের (Zero) ঘরে আছে। কিন্তু যখন ঢেউ এসে ফাৎনাটির কাছে পৌঁছায় তখনই কাঁটাটি ঢেউ অনুযায়ী প্রথমে শূন্যের উপর দিকে ও পরে নীচের দিকে নেমে

১৫নং চিত্র—ওয়েভসের য়্যামপ্লিচুডকে সহজ ভাবে বুঝাবার জন্য জলে ভাসমান একটি ফাৎনাযুক্ত পয়েন্টারকে তুলনামূলক ভাবে দেখান হয়েছে।

আবার শূন্য বিন্দুতে এসে দাঁড়ায়। এখন যদি দেখা যায়, কোন একটি ঢেউ-এর বেলায় কাঁটাটি শূন্য থেকে দশ পর্য্যন্ত উঠলো, আবার ঠিক পরের ঢেউ বা ওয়েভস্-এর বেলায় পাঁচ বিন্দু পর্য্যন্ত উঠলো, তবে এর থেকে বুঝা যায় যে, দ্বিতীয় ঢেউটি প্রথম ঢেউ অপেক্ষা কম শক্তিশালী। টেক্‌নিকের ভাষায় একে বলা হয়—দ্বিতীয় ওয়েভের **য়্যামপ্লিচুড** (Amplitude) প্রথম ওয়েভসের য়্যামপ্লিচুড অপেক্ষা কম।

এখানে মনে রাখা দরকার যে, ১৬নং চিত্রের স্থায় ওয়েভের দৈর্ঘ্য (ওয়েভ লেংথ) সমান হতে পারে কিন্তু য়্যামপ্লিচুডের পার্থক্য থাকে। তা হলে এখন দেখা যাচ্ছে জলের উপরস্থ সমতল ভাগ (normal level) থেকে ক্রেস্টের উচ্চতার দূরত্বকেই **য়্যামপ্লিচুড বলা হয়।**

স্থির জলে ঢিল নিক্ষিপ্ত হওয়ার ফলে ওয়েভসের প্রকৃত রূপকে এই চিত্রে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। পয়েন্ট অব ডিসটারবেন্স থেকে ওয়েভসগুলি যত দূরবর্তী হয় ততই তাদের লেংথ সব সময়ই সমান থাকে।

১৭নং চিত্র—য়্যামপ্লিচুডের শক্তির পার্থক্য দেখান হয়েছে।

শক্তি কমে আসে ও য়্যামপ্লিচুডের পার্থক্য হয় কিন্তু ওয়েভ লেংথ সব সময়েই সমান থাকে।

জলের ঢেউ সম্বন্ধে আর একটি জিনিষ বলে রাখি। একটা কর্ক (Cork) যদি জলের উপর ভাসিয়ে দেওয়া যায় তা হলে দেখতে পাওয়া যাবে জলের ঢেউ অনুসারে কর্কটি একবার উপরে আবার নীচে নামছে। কিন্তু লক্ষ্য করলে দেখতে পাব কর্কটি তার নির্দ্দিষ্ট স্থানেই রয়েছে। এই থেকে প্রমাণ হয় যে, জল নিজে তার ঢেউয়ের সঙ্গে এগিয়ে

যায় না। ১৭নং চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব, খুঁটিতে বাঁধা একটি দড়ির অপর প্রান্ত ধরে নাড়া দেওয়ার ফলে একপ্রকার পার্শ্বগতির সৃষ্টি হচ্ছে এবং তা সামনের দিকে এগিয়ে যাচ্ছে। দড়ি কিন্তু একই স্থানে বাঁধা আছে। টেকনিকের ভাষায় একে বলা হয় **ভাইব্রেসন বা অসিলেশন্** (Vibration or Oscillation)।

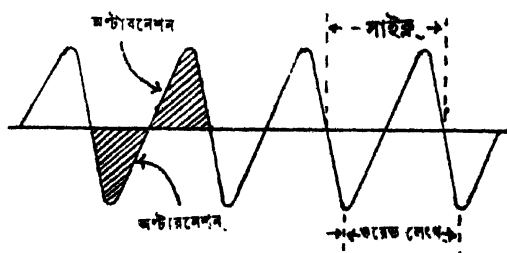
রেডিও ওয়েভসের গতিবেগ—(Velocity of Radio Waves)—রেডিও ওয়েভস্‌কে পূর্ব্বে আমরা জলের ও দড়ির

১৭নং চিত্র—এখানে ভাইব্রেসন বা অসিলেশনকে দড়ির সাহায্যে দেখান হয়েছে।

ওয়েভসের সঙ্গে তুলনা করলেও তারা কখনই এক নয়—কেবল বুঝাবার সুবিধার জন্যই তা দেখান হয়েছিল।

রেডিও ওয়েভস্ ঈথারের মধ্য দিয়ে প্রথমে অর্দ্ধবৃত্তাকারে ও পরে লম্বাভাবে পৃথিবীর উপর দিয়ে প্রবাহিত হয়। পূর্ব্বেই বলা হয়েছে, রেডিও ওয়েভস্ (বেতার তরঙ্গ) লাইট ওয়েভসের (আলোক তরঙ্গের) অনুরূপ আর তার গতিবেগ (Velocity) আলোকের গতিবেগের সমান। অর্থাৎ সেকেণ্ডে ১,৮৬,০০০ মাইল ও ৩০০,০০০,০০০ মিটারের কাছাকাছি (এর প্রকৃত গতিবেগ হলো সেকেণ্ডে ২৯৯,৭৭০,৮৬৪'৬৯৮)

মিটার। কিন্তু বেতারের কাজের সুবিধার জন্য প্রথম সংখ্যাকেই ধরা হয়)।

রেডিও ওয়েভসের গতিবেগ যেমন প্রচণ্ড—সেকেণ্ডে ৩০০ * মিলিয়ান মিটার—তেমনি দ্রুত হয়ে থাকে এদের স্পন্দন। এক সেকেণ্ডে এরা সমস্ত পৃথিবীকে সাড়ে সাত বার ঘুরে আসে। তা হলে দেখা যাচ্ছে পৃথিবী ও চন্দ্রের মধ্যে যে ২,৩৮,৮৪০ মাইল দূরত্ব আছে, তা পার হতে হলে এদের দেড় সেকেণ্ডের বেশী সময় লাগবে না—এত দ্রুত এদের গতি।

১৮নং চিত্র—ওয়েভসের ফ্রিকোয়েন্সিকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে।

ফ্রিকোয়েন্সি (Frequency)—১৮নং চিত্রে রেডিও ওয়েভস্‌কে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। ওয়েভস্‌-এর মধ্যে যে সমান্তরাল রেখা টানা হয়েছে, সেটাকে বলা হয় সেকেণ্ড অব্‌ টাইম অর্থাৎ এক সেকেণ্ডে ওয়েভস্‌-এর দূরত্ব। ঐ সমান্তরাল রেখার উপরের দিককে বলা হয় পজিটিভ

* দশ লক্ষ মিটারে এক মিলিয়ান মিটার হয়। এক্ষেত্রে ৩০০ মিলিয়ান মিটার হচ্ছে ৩০০,০০০,০০০ মিটারের সমান।

অল্টারনেশন্ (Positive alternation) এবং নীচের দিককে বলা হয়, নেগেটিভ অল্টারনেশন্ (Negative alternation)।

রেডিওতে ওয়েভস্‌কে অনেক সময় সাইক্লস্ (Cycles) বলা হয়। একটি পজিটিভ্ আর একটি নেগেটিভ্ দিক নিয়েই এক একটি সাইক্ল-এর সৃষ্টি। সাইক্লকে সহজ ভাষায় বুঝাবার জন্য ∿ এই সাঙ্কেতিক চিহ্ন ব্যবহার করা হয়। আবার এক সেকেণ্ডে উৎপন্ন সাইক্ল সমষ্টি নিয়েই ফ্রিকোয়েন্সির সৃষ্টি।

ওয়েভ্‌সের গণনা (Calculation of Waves)— আমরা জানি, রেডিও ওয়েভস্-এর গতিবেগ অর্থাৎ ভেলোসিটি (Velocity) সব সময়েই সমান থাকে। হিসাব নিলে দেখা যাবে ঢেউটি নির্দ্দিষ্ট সময়ে নির্দ্দিষ্ট দূরত্বে পৌঁছায় এবং ঢেউটি যদি এক সেকেণ্ডে ২০ ফুট বিস্তারে পৌঁছায় তবে ২ সেকেণ্ডে ৪০ ফুট ও ৩ সেকেণ্ডে ৬০ ফুট বিস্তারে পৌঁছাবে। তাহলে এক্ষেত্রে বলতে পারি, ঢেউগুলির নির্দ্দিষ্ট গতিবেগ আছে এবং সে গতিবেগ হচ্ছে প্রতি সেকেণ্ডে ২০ ফুট। এখন যদি সেকেণ্ডে ২০ বার জলে নাড়া দিই তাহলে ২০ ফুটের মধ্যে ২০টি ঢেউএর সৃষ্টি হবে এবং এক একটা ঢেউএর দৈর্ঘ্য হবে ১ ফুট। যদি ৪০ বার জলে কম্পন বা স্পন্দন হয় তবে ২০ ফুটের মধ্যে ৪০টি ঢেউয়ের সৃষ্টি হবে, ফলে তরঙ্গের দৈর্ঘ্য (ওয়েভলেংথ) হবে ½ ফুট।

এখন বুঝা গেল, যেহেতু গতিবেগ নির্দ্দিষ্ট, সেই হেতু যদি তরঙ্গের দৈর্ঘ্য (ওয়েভলেংথ) বাড়ান যায়, তাহলে সেকেণ্ডে স্পন্দন বা কম্পনহার (ফ্রিকোয়েন্সি) কমে যাবে, আর যদি ফ্রিকোয়েন্সি বাড়ান যায় তবে ওয়েভলেংথ কমে যাবে।

এর থেকে আমরা এই সূত্র পাই যে :—

$$\text{ওয়েভলেংথ} = \frac{\text{মিটার হিসাবে ওয়েভসের নির্দ্দিষ্ট গতিবেগ}}{\text{সাইক্ল হিসাবে প্রতি সেকেণ্ডের ফ্রিকোয়েন্সি}}$$

লক্ষ করলে দেখা যাবে রেডিও ওয়েভসের গণনার জন্য মিনিটের বদলে সেকেণ্ড ব্যবহার করা হয়। কারণ, সেকেণ্ডে এদের ফ্রিকোয়েন্সি এত বেশী যে এদের গণনায় বহু হাজার মিলিয়নের দরকার হয়। তাই সেকেণ্ডে এদের ফ্রিকোয়েন্সি বর্ণনা করা হয় **কিলো** (Killo) অর্থাৎ হাজার অথবা **মেগা** (Mega) অর্থাৎ মিলিয়ান পরিমিত সংখ্যার অঙ্কে।

রেডিও ওয়েভসের ফ্রিকোয়েন্সি ও ওয়েভলেংথের গণনা (Calculation of Frequency and wavelength) —এখন দেখা যাক পূর্ব্বের ঐ সূত্রটি দ্বারা কি ভাবে ট্রান্সমিটার থেকে প্রেরিত সিগনালের ফ্রিকোয়েন্সি জানা থাকলে সহজেই তার ওয়েভলেংথ বার করে নেওয়া যায়—অথবা ওয়েভলেংথ জানা থাকলে ফ্রিকোয়েন্সি বার করা যায়।

উদাহরণ :—(১) কোন ট্রান্সমিটারের ফ্রিকোয়েন্সি যদি প্রতি সেকেণ্ডে ৬০০ কিলো সাইক্লস (600 kc/s) হয় তাহলে মিটার হিসাবে তার ওয়েভলেংথ কত হবে ?

সূত্র হচ্ছে :—

$$\text{ওয়েভলেংথ} = \frac{\text{মিটার হিসাবে ওয়েভসের নির্দিষ্ট গতিবেগ}}{\text{সাইক্ল হিসাবে প্রতি সেকেণ্ডের ফ্রিকোয়েন্সি}}$$

$$\text{ওয়েভলেংথ} = \frac{৩০০,০০০,০০০}{৬০০,০০০} = ৫০০ \text{ মিটার।}$$

উদাহরণ :—(২) ট্রান্সমিটারের ফ্রিকোয়েন্সি যদি প্রতি সেকেণ্ডে ১০ মেগা সাইক্লস (10 mc/s) হয়—তাহলে মিটার হিসাবে তার ওয়েভলেংথ কত হবে ?

$$\text{ওয়েভলেংথ} = \frac{৩০০,০০০,০০০}{১০,০০০,০০০} = ৩০ \text{ মিটার।}$$

উদাহরণ : -(৩) কোন ট্রান্সমিটার থেকে প্রেরিত সিগন্যালকে যদি ৩০০ মিটারে প্রেরণ করা হয়, তাহলে হাজার মাইল দূরে অবস্থিত কোন রিসিভারের কত ফ্রিকোয়েন্সি ব্যাণ্ডে তা শুনতে পাওয়া যাবে ? প্রথমে সাইক্লস ও পরে কিলো সাইক্লসে প্রকাশ করতে হবে।

সূত্র হচ্ছে :—

$$\text{ওয়েভলেংথ} = \frac{\text{মিটার হিসাবে ওয়েভসের নির্দিষ্ট গতিবেগ}}{\text{সাইক্ল হিসাবে প্রতি সেকেণ্ডের ফ্রিকোয়েন্সি}}$$

এ থেকে ফ্রিকোয়েন্সির জন্য সূত্র পাই :—

$$\text{ফ্রিকোয়েন্সি (সাঃ হিঃ)} = \frac{\text{ওয়েভসের নির্দিষ্ট গতিবেগ (মিঃ হিঃ)}}{\text{ওয়েভলেংথ (মিটার হিসাবে)}}$$

$$\therefore \text{ফ্রিকোয়েন্সি} = \frac{৩00,000,000}{৩00} = ১,000,000 \text{ সাইক্লস প্রতি}$$

সেকেণ্ডে বা ১০০০ কিলো সাইক্লস/সেকেণ্ডে।

উদাহরণঃ—(৪) যখন ৩০ মিটারে সিগন্যাল পাওয়া যাবে তখন তার ফ্রিকোয়েন্সি কত হবে? প্রথমে সাইক্লস ও পরে মেগা সাইক্লসে প্রকাশ কর।

$$\text{ফ্রিকোয়েন্সি} = \frac{৩00,000,000}{৩0} = ১0,000,000 \text{ সাইক্লস/}$$

সেকেণ্ডে বা ১০ মেগা সাইক্লস/সেকেণ্ডে।

এখানে আর একটি বিষয় বিশেষ ভাবে মনে রাখতে হবে যে, ফ্রিকোয়েন্সি যখন কিলোসাইক্লসে প্রকাশ করা থাকবে তখন সূত্র হবে :—

(i) **ফ্রিকোয়েন্সি** (কিলোসাইক্ল হিসাবে) $= \dfrac{৩০০,০০০}{\textbf{ওয়েভলেংথ} \text{ (মিটারে)}}$

এবং ফ্রিকোয়েন্সি যখন সাইক্লসে প্রকাশ করা থাকবে তখন সূত্র হবে :—

(ii) **ফ্রিকোয়েন্সি** (সাইক্ল হিসাবে) $= \dfrac{৩০০,০০০,০০০}{\textbf{ওয়েভলেংথ} \text{ (মিটারে)}}$

উল্লিখিত সমস্ত সূত্রগুলি সহজ ভাবে মনে রাখবার জন্য ১৯নং চিত্রে একটি তালিকা দেওয়া হলো।

$$\lambda = \frac{৩০০০০০}{KC}$$

$$\lambda = \frac{৩০০০০০০০০}{\sim}$$

$$KC = \frac{৩০০০০০}{\lambda}$$

$$\sim = \frac{৩০০০০০০০০}{\lambda}$$

১৯ নং চিত্র—ওয়েভলেংথ ও ফ্রিকোয়েন্সি নির্ণয়ের সূত্রগুলির একটি সংক্ষিপ্ত তালিকা।

চিত্রে অঙ্কিত ($\sim$) ও (λ) দুইটি চিহ্ন বিশেষ ভাবে মনে রাখতে হবে। প্রথমটি সাইক্ল এবং দ্বিতীয়টি ওয়েভলেংথ এর. চিহ্ন। উদাহরণ স্বরূপ ধরা যাক্—

উদাহরণ :—(৫) কলিকাতার ট্রান্সমিটার থেকে ১000 কিঃ সাঃ (1000 kc/s) গান বাজনা প্রভৃতি প্রেরণ করা হচ্ছে আমরা যদি তার মিটার জানতে চাই তাহলে কোন্ সূত্রটি ব্যবহার করবো ?

এক্ষেত্রে ফ্রিকোয়েন্সি প্রকাশ করা আছে, মিটার বার করতে হবে। অতএব সূত্র হচ্ছে—

$$\text{ওয়েভলেংথ } (\lambda) = \frac{৩00,000}{\text{কিলোসাইক্লস}}$$

$$\lambda = \frac{৩00,000}{১000} = ৩00 \text{ মিটার}$$

এইভাবে ফ্রিকোয়েন্সি যদি কিলোসাইক্লস না হয়ে সাইক্লসে প্রকাশ করা থাকে তাহলে **দ্বিতীয়** সূত্রটি ব্যবহার করতে হবে। আর যদি ওয়েভলেংথে প্রকাশ করে দেওয়া থাকে এবং তার কিলোসাইক্লস কিংবা সাইক্লস হিসাবে ফ্রিকোয়েন্সি বার করতে বলা হয়, তাহলে যথাক্রমে **তৃতীয়** ও **চতুর্থ** সূত্রকে গ্রহণ করতে হবে।

বিঃ দ্রঃ—মনে রাখতে হবে যে, সকল সময়ই নির্দ্দিষ্ট সূত্রের প্রয়োগ করতে হবে কারণ, যদি কিলো সাইক্লস বার করতে হয় এবং সেখানে ওয়েভসের নির্দ্দিষ্ট গতিবেগ ৩০০,০০০ এর পরিবর্ত্তে ৩০০,০০০,০০০ প্রয়োগ করা হয়, তাহলে প্রকাণ্ড সংখ্যার সৃষ্টি হবে।

তালিকা—১

ফ্রিকোয়েন্সি অনুযায়ী রেডিও-ওয়েভসের শ্রেণী বিভাগ

শ্রেণী (Class)	ফ্রিকোয়েন্সীর সীমা (Frequency range)	রেডিও ওয়েভসের সীমা (Wave-length range)
লো ফ্রিকোয়েন্সী (Long Wave)	১০—১০০ কিলোসাইক্ল্	৩০,০০০—৩,০০০ মিটার
মিডিয়াম্ ফ্রিকোয়েন্সি (Medium wave)	১০০—৫০০ কিলোসাইক্ল	৩,০০০—৫৪৫ মিটার
ব্রড্‌কাষ্ট্ ফ্রিকোয়েন্সি (Broadcasting wave)	৫৫০—১,৬০০ কিলোসাইক্ল	৫৪৫—১৮৮ মিটার
মিডিয়াম্ হাই ফ্রিকোয়েন্সি (Medium short wave)	১,৬০০,—৬,০০০ কিলোসাইক্ল	১৮৮—৫০ মিটার
হাই ফ্রিকোয়েন্সি (Short wave)	৬,০০০—৩০,০০০ কিলোসাইক্ল	৫০—১০ মিটার
ভেরী হাই এবং আলট্রা হাই ফ্রিকোয়েন্সি (Very short and Ultra short wave)	৩০,০০০ কিলোসাইক্লসএর ঊর্দ্ধে	১০ মিটারের নিম্নে

তালিকা—২

ওয়েভলেংথ অনুযায়ী ভারত ও পাকিস্থানের কয়েকটি ষ্টেশনের তালিকা

(মিডিয়াম্-ওয়েভ)

ষ্টেশনের নাম		ফ্রিকোয়েন্সি (কিলোসাইক্ল)		ওয়েভলেংথ (মিটার)		পাওয়ার (কিলোওয়াট)
দিল্লী	—	৬৯০	—	৪৩৪.৮	—	১
এলাহাবাদ	—	৭৭০	—	৩৮৯.৬	—	১
গৌহাটী	—	৭৮০	—	৩৮৪.৬	—	১
কলিকাতা	—	৮১০	—	৩৭০.৪	—	১.৫
বোম্বাই	—	৮৫৫	—	৩৫৩	—	১
দিল্লী	—	৮৮৬	—	৩৩৮.৬	—	১০
আমেদাবাদ	—	৯২০	—	৩২৬.১	—	১
কলিকাতা	—	১,০০০	—	৩০০	—	৫০
লাক্ষ্ণৌ	—	১,০২২	—	২৯৩.৫	—	৫
লাহোর	—	১,০৮৬	—	২৭৬	—	৫
পাটনা	—	১,১৩১	—	২৬৫.৩	—	৫
ঢাকা	—	১,১৬৭	—	২৫৭.১	—	৫
নাগপুর	—	১,২৯০	—	২৫২.৬	—	১
কটক	—	১,৩৫৫	—	২২১.৪	—	১
মাদ্রাজ	—	১,৪২০	—	২১১.৩	—	৫
শিলং	—	১,৪৬০	—	২০৫.৫	—	.০৫

রেডিও ওয়েভস ও সাউণ্ড ওয়েভসের বিশ্লেষণ—

(Analysis of Radio Waves and Sound Waves)—পূর্ব্বেই বলা হয়েছে যে, বায়ুর মধ্যে কম্পনের স্থষ্টির দ্বারাই শব্দের সৃষ্টি। তাই, প্রত্যেকটি শব্দের নির্দিষ্ট কম্পন মাত্রা বা ফ্রিকোয়েন্সি আছে। আর বিভিন্ন রকম ফ্রিকোয়েন্সি দ্বারাই বিভিন্ন প্রকার শব্দের সৃষ্টি। যেমন মানুষ গান করে অর্থাৎ তার কণ্ঠ দ্বারা বায়ুর মধ্যে কখনও বা কম ফ্রিকোয়েন্সি আবার কখনও বেশী ফ্রিকোয়েন্সির সৃষ্টি করে। সাধারণতঃ সেকেণ্ডে, ১৬ সাইক্লস-এর কম হলে বা ১৬,০০০ সাইক্লস-এর বেশী হলে মানুষ শুনতে পায় না। ১৬ থেকে ১৬,000 সাইক্লসকে বলা হয় লো-ফ্রিকোয়েন্সি। এর উপরে যে ফ্রিকোয়েন্সি আছে তাকে বলা হয় হাই ফ্রিকোয়েন্সি। যেমন রেডিও ফ্রিকোয়েন্সিকে বলা হয় হাই ফ্রিকোয়েন্সি যা আমরা শুনতে না পাই। কারণ এর স্পন্দন হার সেকেণ্ডে ১0,000 থেকে ৬,00,00,000 সাইক্লস। এর চেয়েও হাই-ফ্রিকোয়েন্সি আছে যেমন এক্সরে ফ্রিকোয়েন্সি, তার স্পন্দন-হার সেকেণ্ডে ৩,000,000,000.000,000,000 সাইক্লস। আর তাপ ও আলোর ওয়েভসের ফ্রিকোয়েন্সি হলো সেকেণ্ডে ৩,000,000,000,000 থেকে ৩,000,000,000,000,000 সাইক্লস।

রেডিও ওয়েভস্ ও সাউণ্ড ওয়েভসের মধ্যে গতির পার্থক্য—(Velocity difference between Radio Waves and Sound Waves)—এখন সাউণ্ড ওয়েভস্ ও

রেডিও ওয়েভসের গতি সম্বন্ধে আর একটি বিষয় লক্ষ্য করা যাক্। আমরা জানি, এক ব্যক্তি যদি ফাঁকা জায়গায় খুব জোরে চীৎকার করে তা হলেও তার শব্দ কয়েকশত গজের বেশী যাবে না। কিন্তু যদি ঐ একই ব্যক্তি মাইক্রো-ফোনের সামনে খুব আস্তে শব্দ করে তা হলে প্রেরক যন্ত্রের সাহায্যে ইলেক্‌ট্রোম্যাগনেটিক্ ওয়েভ সৃষ্টি হয়ে ঈথারের মধ্য দিয়ে হাজার হাজার মাইল দূরে অবস্থিত গ্রাহক যন্ত্রের মধ্যে অবিলম্বে ঐ শব্দ শুনতে পাওয়া যাবে।

এখন দেখা যাক, এই গতির পার্থক্য কোথায়। যদি বলি, রেডিও ব্রডকাষ্টিং ষ্টেশনে মাইক্রোফোনের সামনে যে থিয়েটার হচ্ছে তার কথাবার্ত্তা তার সামনে উপবিষ্ট শ্রোতা-দের চেয়ে একশত মাইল দূরে গ্রাহক যন্ত্রের সামনে উপবিষ্ট শ্রোতারাই আগে শুনতে পান, তবে সাধারণতঃ লোকে এটাকে অসম্ভব বলে ভাববেন, কিন্তু এটা সত্য।

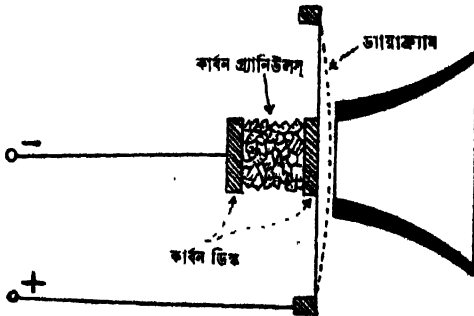
পূর্ব্বেই বলেছি রেডিও ওয়েভ্‌সের গতি সেকেণ্ডে ১,৮৬,০০০ মাইল বা ৩০০,০০০,০০০ মিটার আর সাউণ্ডের গতি সেকেণ্ডে ১১00 ফুট। তাহলে বলা যায়, রেডিও ওয়েভস্ সাউণ্ড ওয়েভসের চেয়ে বহু লক্ষগুণ বেগে চলে। তাই মাইক্রো-ফোনের সমান যে কথাবার্ত্তা হয়, তা মুহূর্ত্তের মধ্যে একশত মাইল দূরে অবস্থিত গ্রাহক যন্ত্রের মধ্যে উপস্থিত হয়। আর নিকটে উপবিষ্ট শ্রোতার কাণে সে শব্দ তখনও গিয়ে পৌঁছায় না, যদিও ঐ সময়ের পার্থক্য মাত্র ১ সেকেণ্ডের কয়েক

ভগ্নাংশের সমান। অবশ্য বোঝাবার সুবিধার জন্য পূর্ব্বে বলা হয়েছিল, রেডিও ওয়েভ্স্ ও সাউণ্ড ওয়েভসের গতি সমান। রেডিও ওয়েভসের গতি যদি সাউণ্ড ওয়েভসের গতির সমান হতো তা হলে হাজার মাইল দূরে উপবিষ্ট শ্রোতার কাণে শব্দ পৌঁছাতে লাগত ১ ঘণ্টা ২০ মিনিট। কিন্তু এ কেবল সাউণ্ড ওয়েভসের বেলায় সম্ভব, রেডিও ওয়েভসের বেলায় নয়।

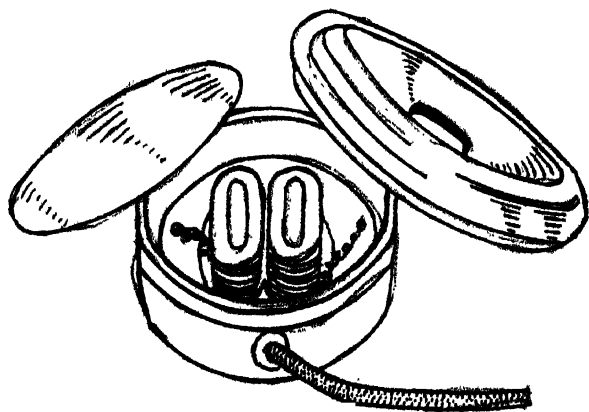
গতি সম্বন্ধে আরও একটি যুক্তি দেখান যায়। মনে করুন কোন এক ব্যক্তি এমন জোরে চীৎকার করতে পারে যে, তার শব্দ সমস্ত পৃথিবীকে তখনই একবার পাক দিয়ে আসে (যদিও এ সম্ভব নয়, কেবল বুঝাবার সুবিধার জন্য এর উল্লেখ করা হচ্ছে)। তাহলে তার ঐ শব্দ সমস্ত পৃথিবীকে ঘুরে উৎপত্তি স্থলে ফিরে আসতে কত সময় নেবে? যখন সাউণ্ড ওয়েভস্-এর গতি সেকেণ্ডে ৩৩৫ মিটার তখন হিসাব করলে দেখতে পাব, শব্দটি পৃথিবীকে ঘুরে আসতে সময় নেবে কম করে চল্লিশ ঘণ্টা। এখন যদি রেডিও ওয়েভ্সের সঙ্গে তুলনা করি, দেখব রেডিও ওয়েভ্স্ এক সেকেণ্ডে সমস্ত পৃথিবীকে সাড়ে সাত পাক ঘুরে আসে। অর্থাৎ একবার ঘুরতে সময় লাগবে এক সেকেণ্ডের সাড়ে সাত ভাগের এক ভাগ। এ থেকেই বুঝা যায়, রেডিও ওয়েভ্সের গতি কত দ্রুত!

রেডিও ট্রান্সমিশন ও রিসেপ্সন্ পদ্ধতি—(Radio Transmission and Reception System)—রেডিও

ট্রান্সমিশন্ (Transmission) ও রিসেপশন্-এর (Reception) কার্য্য প্রণালী অনেকটা টেলিফোনের (Telephone System) মতো। আমরা টেলিফোনের যে যন্ত্রটির সামনে কথা বলি সেটি ঠিক রেডিও ব্রডকাষ্টিং ষ্টেশনে ব্যবহৃত মাইক্রোফোনের (Microphone) মতো।

আমরা যখন কথা বলি তখন বাতাসে একটা কম্পনের সৃষ্টি হয়। সেই কম্পন যারই কাণের পর্দ্দায় গিয়ে পড়ে, সেই

২০নং চিত্র—একটি সাধারণ মাইক্রোফোনের বিভিন্ন অংশকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে।

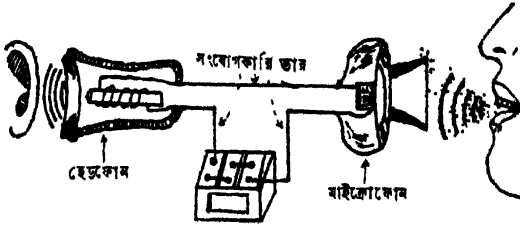
আমাদের কথা শুনতে পায়। এখন মাইক্রোফেনে হয় কি সেই বাতাসের কম্পন গিয়ে পড়ে ২০নং চিত্রে অঙ্কিত একটা খুব সূক্ষ্ম পর্দ্দা বা ঝিল্লির (ড্যায়াফ্র্যাম্) উপর। এই ড্যায়াফ্র্যাম্ আবার লাগান থাকে একটি কার্ব্বনের দানায় পরিপূর্ণ বাটীর মুখে। এই কার্ব্বনের দানাকে বলা হয় কার্ব্বন স্গ্র্যানিউল (Carbon Granules)।

ড্যায়াফ্র্যাম্‌টি বাটীর মুখে ঠিক সমানভাবে বসান থাকে। ফলে যখন শব্দ-তরঙ্গ (সাউণ্ড ওয়েভস্‌) ঐ ড্যায়াফ্র্যামের উপর পড়ে তখন তরঙ্গ অনুযায়ী ২০নং চিত্রের ন্যায় ড্যায়াফ্র্যাম্‌টি কাঁপতে থাকে। ফলে, কার্ব্বন দানার মধ্যে একপ্রকার ইলেকট্রিক্যাল রেজিষ্ট্যান্সের সৃষ্টি হয়। অর্থাৎ যখন ড্যায়াফ্র্যাম্‌টি ভিতর দিকে চাপ দেয় তখনই ভিতরকার দানাগুলি এক জায়গায় সঙ্কুচিত হয়ে যায় এবং

২১নং চিত্র—একটি সাধারণ হেডফোনের বিভিন্ন অংশকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে।

তাদের মধ্যকার দূরত্ব (ইলেক্‌ট্রিক্যাল রেজিষ্ট্যান্স) কমে যায় ও শক্তিশালী ইলেক্‌ট্রিক্‌ কারেন্ট প্রবাহের সহায়তা করে। এইরূপে সাউণ্ড ওয়েভস্‌ ড্যায়াফ্র্যাম্‌টিকে কখনো আস্তে কখনো বা জোরে নাড়া দিয়ে কার্ব্বন দানার মধ্যে বিভিন্ন রকম

চাপের সৃষ্টি করে, অর্থাৎ কার্ব্বন দানার মধ্যে কম বেশী রেজিষ্ট্যান্সের সৃষ্টি করে তার মধ্যে কম-বেশী ইলেকট্রিক্ কারেণ্ট প্রবাহের সহায়তা করে।

এইভাবে সাউণ্ড ওয়েভসকে ইলেকট্রিক্ কারেণ্টে রূপান্তরিত করা হয়।

আমরা জানি যে, বাইরের তারের সঙ্গে যোগ করবার জন্য, হেড্‌ফোনের মধ্যে একটি চুম্বকের (ম্যাগনেটের) গায়ে খানিকটা সরু তার কুণ্ডলী করে জড়িয়ে তারের শেষ মুখ দুটো ২১নং চিত্রের ন্যায় বের করে নেওয়া হয় এবং একটি পাতলা

২২নং চিত্র—মাইক্রোফোন ও হেডফোন যুক্ত একটি টেলিফোন সার্কিট।

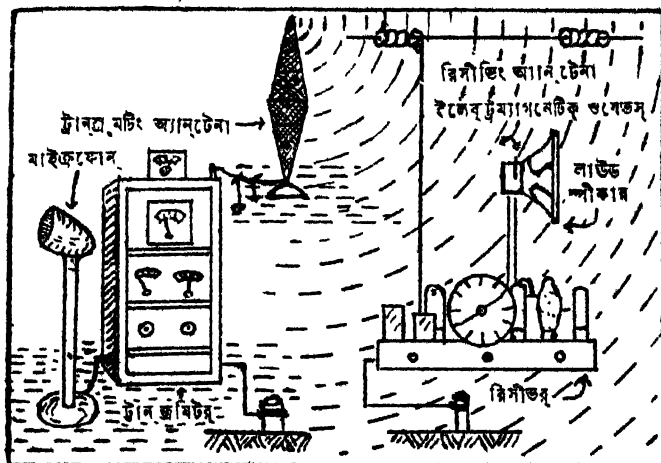
লোহার চাক্‌তি উপর থেকে ম্যাগনেটটির উপর ফেলা থাকে। এখনই যদি ঐ ইলেকট্রিক্ কারেণ্ট অর্থাৎ সাউণ্ড ওয়েভসের অনুরূপ পালসেটিং কারেণ্টকে (Pulsating Current) ঐ তারকুণ্ডলীর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করা যায়, (যেমন ২২নং চিত্রে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে) তাহলে কারেণ্ট অনুযায়ী ম্যাগনেটটি ড্যায়াফ্র্যামটিকে (এখানে পাতলা লোহার চাক্‌তি) আকর্ষণ করবে এবং ড্যায়াফ্র্যামটি ধারাবাহিকভাবে

একবার বাহিরের দিকে, একবার ভিতরের দিকে অর্থাৎ পালসেটিং কারেন্ট অনুযায়ী কাঁপতে থাকবে। ফলে, বায়ুর মধ্যে মাইক্রোফোনের সামনে যে, ওয়েভসের সৃষ্টি করা হয়েছিল তার অনুরূপ ওয়েভস্ সৃষ্টি করবে এবং তা শব্দে রূপান্তরিত হয়ে আমাদের কানে এসে বাজবে।

এইভাবে আধুনিক টেলিফোন ব্যবস্থায় প্রথমে মাইক্রোফোনের সাহায্যে সাউণ্ড ওয়েভসকে ইলেকট্রিক কারেন্টে ও পরে হেড্‌ফোনের সাহায্যে ঐ ইলেকট্রিক্ কারেন্টকে অনুরূপ সাউণ্ড ওয়েভসে রূপান্তরিত করা হয়।

আগেই বলেছি রেডিওর সঙ্গে অনেকটা টেলিফোনের কার্য্য প্রণালীর সাদৃশ্য রয়েছে। ২৩নং চিত্রে বর্ত্তমানে রেডিওতে ব্যবহৃত শব্দের প্রেরণ ও গ্রহণ (ট্রান্সমিশন ও রিসেপশন) সম্বন্ধে দেখান হয়েছে। চিত্রে বাম দিকে অঙ্কিত যন্ত্রটি হলো বেতার প্রেরক যন্ত্র (ট্রান্সমিটার) এবং ডানদিকে অঙ্কিত যন্ত্রটি বেতার গ্রাহক যন্ত্র (রিসিভার)।

মাইক্রোফোনের সামনে কথা বলে যে কম শক্তির পালসেটিং কারেন্টের সৃষ্টি করা হয়, তাকে ট্রান্সমিটারের মধ্যে অবস্থিত এ্যাম্‌প্লিফায়ার্ ষ্টেজের সাহায্যে এ্যাম্‌প্লিফাই করে এরিয়ালে নিয়ে যাওয়া হয়। এক কথায় ট্রান্সমিটার ইলেকট্রিক কারেন্টকে রেডিও ওয়েভসে রূপান্তরিত করে এরিয়ালে নিয়ে আসে ও পরে সেকেণ্ডে ১,৮৬,০০০ মাইল গতিতে চারিদিকে ছড়িয়ে দেয়।

রিসিভারের বেলায় ঠিক তার উল্টো। যখন ঐ রেডিও ওয়েভস্ ট্রান্সমিটার থেকে বেরিয়ে ঈথারের মধ্য দিয়ে চারিদিকে ছুটতে থাকে, তখন রিসিভারের এরিয়ালের উপর পড়ে কম শক্তির কারেন্টের সৃষ্টি করে। তারপর কম

২৩নং চিত্র—বেতারে শব্দ প্রেরণ (ট্রান্সমিশন) ও গ্রহণ (রিসেপশন) পদ্ধতিকে সংক্ষিপ্ত ভাবে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে।

শক্তির কারেন্টকে রিসিভারে অবস্থিত এ্যাম্প্লিফায়ারের সাহায্যে আরও শক্তিশালী করে স্পীকারের সাহায্যে সাউণ্ডে রূপান্তরিত করা হয়। (স্পীকারের কাজই হলো ইলেকট্রিক্

---

* রেডিও ট্রান্সমিশন ও রিসেপশন পদ্ধতি সম্বন্ধে এখানে প্রাথমিক পর্য্যায়ে আলোচনা করা হয়েছে। দ্বিতীয় খণ্ডে এদের প্রত্যেকটি ষ্টেজের কার্য্যকারিতাকে বুঝান হবে।

কারেন্টকে সাউণ্ডে পরিণত করা)। এইভাবে শত শত মাইল দূরে অবস্থিত মাইক্রোফোনের সামনের শব্দ-তরঙ্গকে ঘরে বসে শুনা সম্ভব হয়েছে।

মিটার ব্যাণ্ড (Meter Band)—যদিও রেডিও ওয়েভ অন্যান্য ওয়েভ অপেক্ষা ফ্রিকোয়েন্সিতে কম কিন্তু ওয়েভলেংথ সকলের চেয়ে বেশী।

রেডিও ওয়েভলেংথ, যা বিভিন্ন রকম ট্রান্সমিটার থেকে গান, বাজনা, আবৃত্তি প্রভৃতি বহন করে আনছে এবং যা সুগঠিত ও ভাল অল্‌ওয়েভ রিসিভার দ্বারা শুনা যাচ্ছে, তা ৫ মিটার থেকে ২০৬০ মিটারের মধ্যে অবস্থিত। তাই বেতারের রেগুলার ব্রডকাষ্ট ব্যাণ্ড (Regular Broadcast Band) ২০০ মিটার থেকে ৫৫০ মিটারের মধ্যে অবস্থিত। ২০০ মিটারের কম যে ওয়েভ—তাকে বলা হয় শর্ট ওয়েভ (Short Wave) এবং ৫৫০ মিটারের বেশী যে ওয়েভ তাকে বলা হয় লং-ওয়েভ (Long-Wave) এবং ২০০ থেকে ৫৫০ মিটারকে বলা হয় মিডিয়াম্ ওয়েভ (Medium Wave)।

তালিকা—৩

ফ্রিকোয়েন্সি ও তার ওয়েভলেংথ

ফ্রিকোয়েন্সি কিলোসাইক্ল হিসাবে	ওয়েভলেংথ মিটার হিসাবে	ফ্রিকোয়েন্সি কিলোসাইক্ল হিসাবে	ওয়েভলেংথ মিটার হিসাবে
৩০০,০০০	১	১,৩৫০	২২২
৫০,০০০	২	১,৩০০	২৩১
১০০,০০০	৩	১,২৫০	২৪০
৭৫,০০০	৪	১,২০০	২৫০
৬০,০০০	৫	১,১৫০	২৬১
৫০,০০০	৬	১,১০০	২৭৩
৪০,০০০	৮	১,০৫০	২৮৬
৩০,০০০	১০	১,০০০	৩০০
২৫,০০০	১২	৯৫০	৩১৬
২০,০০০	১৫	৯০০	৩৩৩
১৫,০০০	২০	৮৫০	৩৫৩
১২,০০০	২৫	৮০০	৩৭৫
১০,০০০	৩০	৭৫০	৪০০
৮,০০০	৩৮	৭০০	৪২৯
৬,০০০	৫০	৬০০	৫০০
৫,০০০	৬০	৫০০	৬০০
৪,০০০	৭৫	৪০০	৭৫০
৩,০০০	১০০	৩০০	১,০০০
২,৫০০	১২০	২০০	১,৫০০
২,০০০	১৫০	১০০	৩,০০০
১,৭০০	১৭৭	৫০	৬,৫০০
১,৬০০	১৮৮	৪০	৭,০০০
১,৫০০	২০০	৩০	১০,০০০
১,৪৫০	২০৬	২০	১৫,০০০
১,৪০০	২১৪	১০	৩০,০০০

ফ্রিকোয়েন্সি থেকে ওয়েভলেংথ কিংবা ওয়েভলেংথ থেকে ফ্রিকোয়েন্সি নির্ণয় করতে হলে নিম্নলিখিত সূত্র ব্যবহার করতে হয় :—

(১) ওয়েভলেংথ = $\frac{৩০০,০০০,০০০}{\text{ফ্রিকোয়েন্সি (cycle per second)}}$

(২) ফ্রিকোয়েন্সি = $\frac{৩০০,০০০,০০০}{\text{ওয়েভলেংথ (in meter)}}$

(৩) এক কিলোসাইক্ল = ১০০০ সাইক্লস

Test Questions

1. *What is Radio ?*
2. *What is the main difference between Radio and Electricity.*
3. *Is Electricity travel by means of wire or through Space ?*
4. *In the absence of air, does the sound exists, explain why ?*
5. *Can a transmitter radiate radio waves when placed within a glass enclosure that is void of air ?*
6. *What is the "Something" called, through which radio waves are propagated ?*
7. *Describe what is meant by wavelength ?*
8. *What greek letter is used to denote or express "wave-length" ?*
9. *Define "Amplitude."*
10. *What is rhe amplitude of the .waves ?*
11. *Does water actually moves along with the waves ?*

12. *In what shape or form do radio waves travel or expend over the earth ?*
13. *What is the velocity of radio waves ?*
    (i) *Express in miles per Second.*
    (ii) *Expreess (both the approximate speed and exact speed) in meter per second.*
14. *What do you understand by a "Cycle" of a radio waves ?*
15. *What symbol is used to denote or express "Cycle" ?*
16. *What do you understand by "Frequency" of a radio wave ?*
17. *To find the wave-length what formula is used ?*
18. *Is freqnency of radio waves indicated by the "number of cycle per minute" or by the "number of cycle per second ?"*
19. *Is the frequency of radio waves usually expressed in* "Kilocycles" *or in* Cycles" ?
20. *How many "Cycles" are there in one Kilocycle ?*
21. *A radio station broadcasts energy into the surrounding atmosphere, using in its aerial circuit a current having a frequency of 500 Kilocycles. What is the wave-length of the radiations produced ?*
22. *What is the velocity of sound in air ?*
23. *What range of sound vibrations are generally audiable to the human ear ?*
24. *Describe what is meant by radio frequency.*
25. *What is a radio transmitter ?*
26. *Describe what is meant by radio transmition.*
27. *What is a radio receiver ?*

তৃতীয় অধ্যায়

ইলেকট্রিসিটি

(Electricity)

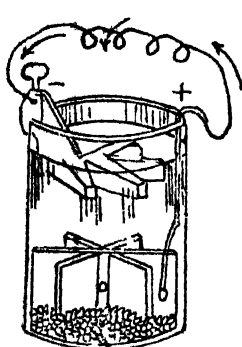
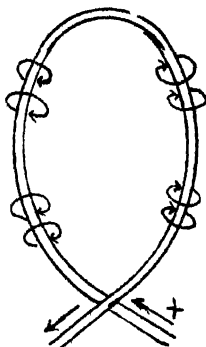
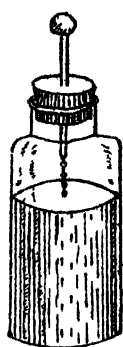
ইলেকট্রিসিটির প্রকৃত স্বরূপকে মোটামুটি ভাবে বুঝবার জন্য এখানে প্রাথমিক পর্য্যায়ে ইলেকট্রিসিটিকে জলের সঙ্গে তুলনা করা হচ্ছে। পরে ইলেকট্রনিক্ থিওরীর সাহায্যে এর আলোচনা করা হবে।

ইলেকট্রিসিটি কি (What is Electricity)?—এ প্রশ্ন মনে আসা স্বাভাবিক; কিন্তু এর কোন সন্তোষজনক উত্তর আজও খুঁজে পাওয়া যায় না, কারণ অন্য কোন বস্তুর বা দ্রব্যের ন্যায় ইলেকট্রিসিটিকে চোখেও দেখা যায় না আর কানেও শুনা যায় না। কাজে কাজেই অন্য কোন বস্তুর বা দ্রব্যের বিষয় যেমন বর্ণনা করা যায় ইলেকট্রিসিটির বেলায় তা কখনই সম্ভব নয়, তবে মোটামুটি ভাবে ইলেকট্রিসিটি সম্বন্ধে এইটুকুই বলা চলে যে, "ইলেকট্রিসিটি একপ্রকার শক্তি-বিশেষ" (Electricity is a form of energy)।

শক্তি বা এনার্জি কি (What is energy)?—কোন কাজ করবার ক্ষমতাকে বলা হয় শক্তি বা এনার্জি, যেমন কিছুদিন আকাশ মেঘাচ্ছন্ন থাকার পর হঠাৎ যদি সূর্য্য ওঠে এবং তার প্রখরতা বৃদ্ধিপ্রাপ্ত হয়, তাহলে একটা উষ্ণ আব-হাওয়া সৃষ্টি হওয়ার ফলে আমরা গরম অনুভব করি। সূর্য্যা-

লোকের মধ্যে এই যে একটা 'অদৃশ্যমান কিছু' যার ফলে আমরা ঠাণ্ডা থেকে গরম অনুভব করলাম, সেটাই হচ্ছে এনার্জি। কারণ এক্ষেত্রে সূর্য্যের আলোক পৃথিবীর উপর পড়ে পৃথিবীর মাটিকে উত্তপ্ত করে তোলে। কিন্তু আকাশ মেঘাচ্ছন্ন থাকায় সূর্য্যোলোকের প্রখরতা কম থাকে—ফলে ঐ এনার্জির পরিমাণ কমে যায় ও ঠাণ্ডা মনে হয়। সূর্য্যালোকের প্রখরতার ফলে সূর্য্যের ঐ এনার্জি পৃথিবী-পৃষ্ঠের গাছ-পালা প্রভৃতিকে শুষ্ক করে দেয়, ফলে শুষ্ক কাঠগুলিকে যখন জ্বালান হয় তখন কাঠ থেকে পাওয়া এনার্জিও উত্তাপে রূপান্তরিত হয়ে পাত্রস্থিত জলীয় পদার্থকে বাষ্পে (Steam) পরিণত করে। "বাষ্পও আর একপ্রকারে শক্তি বিশেষ" (Steam is another form of energy)।

এই বাষ্প-শক্তি বা ষ্টীম এনার্জির দ্বারা যদি কোন বাষ্প-চালিত ইঞ্জিন্ বা টার্বিনকে (Steam Engin or turbin) কাজ করান যায় তাহলে ষ্টীম এনার্জি, মেকানিক্যাল এনার্জিতে রূপান্তরীত হয়, যেমন কোন ইলেকট্রিক্ জেনারেটর (Electric generator) বা বিদ্যুৎ উৎপাদক যন্ত্রকে একটা ষ্টীম ইঞ্জিন্ বা টার্বিনের সঙ্গে যুক্ত করে দেওয়ার ফলে যে মেকানিক্যাল এনার্জি পাওয়া যায় তাকেই বলে **ইলেকট্রিক্যাল এনার্জি** বা **ইলেকট্রিসিটি** (Electrical energy or Electricity)। কাজে কাজেই দেখা যাচ্ছে "ইলেকট্রিসিটি একপ্রকার শক্তি বিশেষ।"

ইলেকট্রিসিটির শ্রেণী বিভাগ (Classification of Electricity)—ইলেকট্রিসিটিকে সাধারণত তার বেগ অনুযায়ী (according to its motion) চার ভাগে ভাগ করা হয়েছে।

২৩নং চিত্র—চার প্রকার ইলেকট্রিসিটি। ডাইনামিক বা কারেণ্ট ইলেকট্রিসিটি (in motion)। ম্যাগনেটিজম বা ম্যাগনেটিক ইলেকট্রিসিটি (in rotation)। ষ্টেটিক ইলেকট্রিসিটি (at rest)। রেডিয়েশন বা রেডিও ইলেকট্রিসিটি (in vibration)

১। ষ্টেটিক ইলেকট্রিসিটি (Electricity *at rest*)

২। কারেণ্ট ইলেকট্রিসিটি (Electricity *in motion*)

৩। ম্যাগনেটিজম (Electricity *in rotation*)

৪। রেডিও ইলেকট্রিসিটি (Electricity *in vibration*)

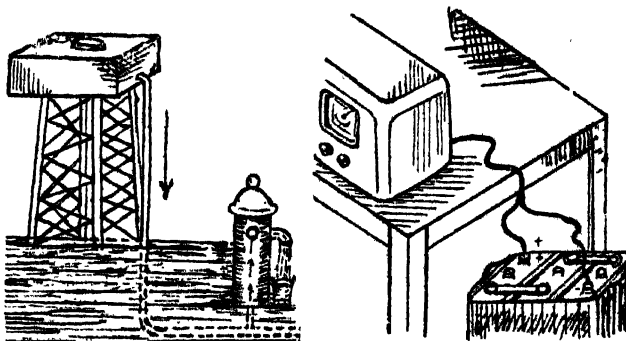
এ ছাড়া আরও কয়েকটি ভাগে ভাগ করা হয়, যেমন—

১। পজিটিভ ইলেকট্রিসিটি (Positive electricity)

২। নেগেটিভ ইলেকট্রিসিটি (Negative Electricity)

৩। ডাইনামিক ইলেকট্রিসিটি (Dynamic Electricity)

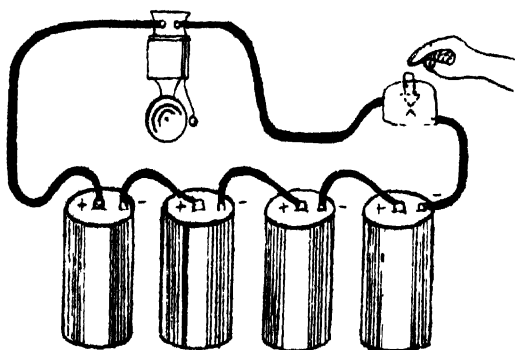
এদের প্রত্যেকটিকে পৃথক পৃথক ভাবে দ্বিতীয় খণ্ডে আলোচনা করা হবে।

ইলেকট্রিক্ কারেণ্ট (Electric Current)—এখানে ইলেকট্রিক কারেণ্টকে সহজভাবে বুঝাবার জন্য জলের

২৫ ও ২৬নং চিত্র—এখানে ইলেকট্রিসিটির প্রবাহকে জলের প্রবাহের সঙ্গে তুলনামূলক ভাবে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে।

প্রবাহের সঙ্গে তুলনা করা হয়েছে, কারণ পূর্ব্বেই বলেছি ইলেকট্রিসিটিকে চোখেও দেখা যায় না বা কানেও শুনা যায় না—তবে এর অস্তিত্ব সম্বন্ধে জ্ঞান একরকম সকলেরই আছে।

বেশ কিছুক্ষণ বৃষ্টি হওয়ার ফলে বাড়ীর ছাদে যে জল জমে তা প্রথমে ছাদের নর্দ্দমা দিয়ে প্রবেশ করে এবং বাড়ীর দেওয়াল সংলগ্ন নলের মধ্য দিয়ে বাড়ীর পার্শ্বস্থ নালায় এসে পড়ে। কাজে কাজেই ছাদের নর্দ্দমা ও নল মারফৎ জলের

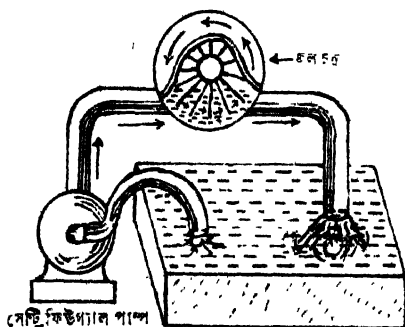
প্রবাহকে সরাসরি যেমন অন্যত্র পৌঁছে দেওয়া হলো তেমনি ইলেকট্রিসিটির প্রবাহকে অন্যত্র পাঠাবার জন্য তাম্রনির্ম্মিত তার (Copper wire) ব্যবহার করা হয়। এক্ষেত্রে নলের মধ্য দিয়ে বাড়ীর পার্শ্বস্থ নালা পর্য্যন্ত প্রবাহিত জলের প্রবাহের ন্যায় তারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত ইলেকট্রিসিটির প্রবাহকেই **ইলেকট্রীক্ কারেণ্ট** (Eletric Current) বলা হয়।

২৫ ও ২৬নং চিত্র লক্ষ্য করলে বিষয়টি আরও পরিষ্কার হবে। চিত্রে দেখান হয়েছে যে, পাত্রস্থিত জলকে যেমন

২৭নং চিত্র—যখনই সুইচ টিপে তারের মুখ দুটি সংযুক্ত করা হয় তখনই সার্কিটের মধ্যে ইলেকটিক কারেণ্টের সৃষ্টি হয়।

নল বা পাইপের মধ্য দিয়ে অন্যত্র পৌঁছে দেওয়া হলো তেমনি ব্যাটারীর ইলেকট্রিক কারেণ্টকেও তার মারফৎ রিসিভারে পৌঁছে দেওয়া হয়।

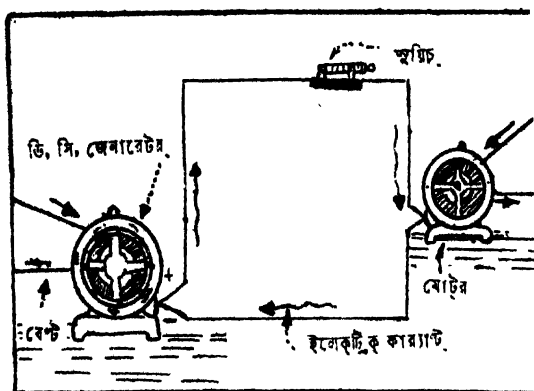
২৭নং চিত্র লক্ষ্য করলে দেখা যাবে তারের মুখ দুটি যখন খোলা (Open) থাকে তখন ব্যাটারী থেকে ইলেকট্রিসিটি

তারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হতে পারে না। কিন্তু যখন পুস্-বটন স্যুইচটিকে সামান্য একটু চাপ দিয়ে তারের মুখ দুটিকে সংযোগ করে সার্কিটের মধ্য দিয়ে ইলেকট্রিক কারেণ্টের সৃষ্টি করা হয় তখনই ঘণ্টাটি বেজে ওঠে। আর পুনরায় সংযোগ ছিন্ন করে দিলেই কারেণ্ট প্রবাহ বন্ধ হয়ে যায়, ফলে বৈদ্যুতিক ঘণ্টাও বন্ধ হয়ে যায়।

ইলেকট্রিক ভোল্টেজ (Electric Voltage)—বৈদ্যুতিক প্রবাহের (ইলেকট্রিক কারেণ্ট) কথা আমরা পেলাম। এখন

২৮নং চিত্র—পাইপ সার্কিটের মধ্যে জলের চাপ বা প্রেসার।

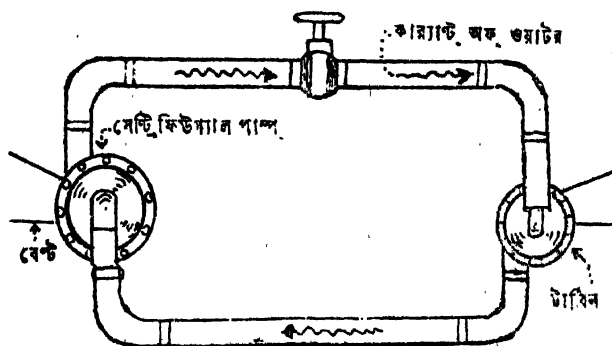
দেখা যাক্ বৈদ্যুতিক চাপ (ইলেকট্রিক ভোল্টেজ) কি? ২৮নং চিত্রে দৃষ্ট সেণ্ট্রিফিউগ্যাল পাম্পের সাহায্যে যদি পাইপ সার্কিটের (Pipe circuit) মধ্য দিয়ে অনবরত জল-প্রবাহের (Water-current) সৃষ্টি করা যায় তা হলে অপর প্রান্তে অবস্থিত টার্বিনটিও (জলচক্র) কাজ করতে আরম্ভ করবে। এখন যদি সেণ্ট্রিফিউগ্যাল পাম্পটি বন্ধ করে দেওয়া হয়

তাহলে দেখা যাবে টার্বিনের কাজও বন্ধ হয়ে গেছে। কাজেই দেখা যাচ্ছে, যখনই সেন্ট্রিফিউগ্যাল পাম্পের সাহায্যে সার্কিটের মধ্যে চাপ বা প্রেসার দ্বারা জলের গতির সৃষ্টি করা হচ্ছে তখনই কেবল টার্বিনটি কাজ করছে।

২৯নং চিত্রে ২৮নং চিত্রের অনুরূপ একটি চিত্র অঙ্কন করা হয়েছে। তবে এক্ষেত্রে চাপের জন্য ইলেকট্রিসিটির সাহায্য নেওয়া হয়েছে ও সেন্ট্রিফিউগ্যাল পাম্পের বদলে জেনারেটার

২৯নং চিত্র—তারযুক্ত সার্কিটের মধ্যে বৈদ্যুতিক চাপ বা ভোল্টেজ।

এবং টার্বিনের বদলে ইলেকট্রিক মোটর বসান হয়েছে আর পাইপ সার্কিটটিতে পাইপের বদলে তার লাগিয়ে একটি সুইচ দ্বারা সার্কিটটি খোলা ও বন্ধ করবার ব্যবস্থা করা হয়েছে। পূর্ব্বের ন্যায় এখানেও জেনারেটারের সাহায্যে বৈদ্যুতিক চাপ সৃষ্টি করে মোটরকে ঘোরান হচ্ছে।

যেমন জলের চাপ পাউণ্ডের সাহায্যে নির্ণয় করা হয়, সেইরূপ বৈদ্যুতিক চাপ মাপা হয় ভোল্টের সাহায্যে—যাকে বলা হয় "ভোল্টেজ" (Voltage)।

ভোল্টেজ ও কারেণ্টের পারস্পরিক সম্পর্ক—(Relation between Voltage and Current) যদি ৩০নং চিত্রে অঙ্কিত পাইপ সার্কিটের ঐ কলটিকে বন্ধ করে

৩০নং চিত্র—কলযুক্ত পাইপ সার্কিটের মধ্যদিয়ে জলপ্রবাহ।

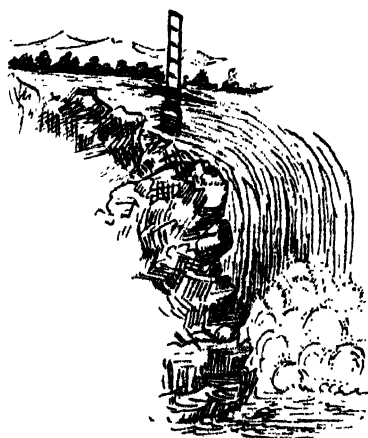
দেওয়া যায়, অর্থাৎ open সার্কিটের সৃষ্টি করা যায়, তা হলে দেখা যাবে সেণ্ট্রিফিউগ্যাল পাম্প ধারাবাহিকভাবে চাপের সৃষ্টি করলেও পাইপ-সার্কিটের মধ্যে জলপ্রবাহ বন্ধ হয়ে গেছে; ফলে টার্বিনটি আর ঘুরছে না। ইলেকট্রিক সার্কিটের বেলায়ও যদি সুইচটি (২৯ চিত্রে অঙ্কিত) বন্ধ অবস্থায় থাকে, তাহলে জেনারেটার থেকে ধারাবাহিকভাবে বৈদ্যুতিক চাপ বা

ভোল্টেজের সৃষ্টি করলেও সার্কিটের মধ্য দিয়ে বৈদ্যুতিক প্রবাহ বা কারেন্ট বন্ধ থাকার ফলে মোটরও বন্ধ থাকবে।

এখানে ভোল্টেজ ও কারেন্ট সম্বন্ধে লক্ষ্য করা প্রয়োজন। একদিকে সার্কিটের মধ্যে কারেন্ট না থাকলেও ভোল্টেজ অর্থাৎ প্রেসার বা চাপ উপস্থিত থাকে। অপর দিকে ভোল্টেজের সাহায্য ব্যতীত কারেন্ট প্রবাহিত হতে পারে না। তা হলে সার্কিটের মধ্যে অবস্থিত চাপমাত্রাকে (ভোল্টেজ) বাড়ালে দেখা যাবে প্রবাহ-শক্তিও (কারেন্ট) বাড়ছে। কিন্তু কতটুকু চাপমাত্রা বাড়ালে কতটুকু প্রবাহ শক্তি বাড়ে, তা এদের একক (unit) জানা না থাকলে বলা যায় না। তাই এদের একটা একক ঠিক করে নিতে হয়।

একক বা ইউনিট (unit)—পার্ব্বত্য প্রদেশে বৃষ্টি, প্রস্রবন, হ্রদের জল, হিমবাহ ও তুষার-গলা জল, ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র ধারায় নিম্নদিকে প্রবাহিত হওয়ার সময়, একত্রে মিলিত হয়েই নদীর সৃষ্টি করে। পর্ব্বতগাত্রের ঐ জলধারা কখনই সমান থাকে না তাই ইঞ্জিনীয়ারদেরকে ৩১নং চিত্রের ন্যায় উপায় অবলম্বন করতে হয়। এই জলপ্রবাহের গতিকে বুঝাবার জন্য যেমন গ্যালন (Gallons per minute অথবা Cubic feet per second) এর উল্লেখ করা হয় তেমনি ইলেকট্রিক্ কারেন্টের প্রবাহের গতিকে বুঝাবার জন্য **এ্যাম্পিয়ার** (Ampere) কথাটি ব্যবহার করা হয়। কাজে কাজেই যখনই আমরা ইলেকট্রিসিটির উল্লেখ করতে চাই তখনই এ্যাম্পিয়ারের

সাহায্যে কারেণ্ট বা প্রবাহের গতির পরিমাপকে উল্লেখ করে থাকি। যেমন ১ এ্যাম্পিয়ার, ২ এ্যাম্পিয়ার, ১০ এ্যাম্পিয়ার, ১০০ এ্যাম্পিয়ার, ১০০০ এ্যাম্পিয়ার ইত্যাদি।

মোটের উপর দেখা যাচ্ছে ইলেকট্রিক কারেণ্টের পরি-

৩১নং চিত্র—এখানে ইলেকট্রিসিটির গতির পরিমাপকে জল প্রবাহের গতির সঙ্গে তুলনামূলকভাবে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে।

মাপের একক (unit) হচ্ছে এ্যাম্পিয়ার। ফরাসী বৈজ্ঞানিক **এ্যানড্রে মেরী এ্যাম্পিয়ারের** (Andre-Marie Ampere) নাম অনুযায়ী এই এককের নামকরণ হয়েছে।

এক এ্যাম্পিয়ারের অর্থ হচ্ছে, কোন পদার্থের মধ্য দিয়ে এক সেকেণ্ডে ৬,২৮০,০০০,০০০,০০০,০০০ ইলেকট্রনের সঞ্চালন

ঘটা এবং ঐ প্রবাহের শক্তিকেই এক এ্যাম্পিয়ার শক্তি বলা হয়। এক এ্যাম্পিয়ারের চেয়ে কম শক্তির কারেন্ট বুঝাবার জন্য এ্যাম্পিয়ারকেও ভগ্নাংশের সাহায্যে প্রকাশ করা হয়। যথা :—

১ এ্যাম্পিয়ার = ১000 মিলি এ্যাম্পিয়ার (মিঃ এঃ)

১ মিলি এ্যাম্পিয়ার = ১000 মাইক্রো এ্যাম্পিয়ার (মাঃ এঃ)

১ মাইক্রো এ্যাম্পিয়ার = ১0,00,000 মাইক্রো, মাইক্রো এ্যাম্পিয়ার (মাঃ মাঃ এঃ)

এ্যানড্রে মেরী এ্যাম্পিয়ার
১৭৭৫—১৮৩৬

১ মিলি এ্যাম্পিয়ার তা হলে দাঁড়ায় ১ এ্যাম্পিয়ারের হাজার ভাগের এক ভাগ অর্থাৎ $\frac{১}{১000}$ এ্যাম্পিয়ার। কোন পদার্থের মধ্য দিয়ে ইলেকট্রিক কারেন্ট চলার সময় তার শক্তির

পরিমাপ বুঝাবার জন্য শুধু এ্যাম্পিয়ার কথাটাই ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

এ তো গেল কারেণ্ট বা প্রবাহ শক্তির কথা। এখন ভোল্টেজ বা চাপমাত্রার একক খুঁজে বের করা যাক। আগেই দেখতে পেয়েছি যে, বৈদ্যুতিক চাপ সৃষ্টির জন্য শক্তির

আলেকজেনড্রো ভোল্ট

১৭৪৫ ১৮২৬

প্রয়োজন। অতএব যে পরিমাণ শক্তি খরচ হচ্ছে, তাকে ধরেই আমাদের চাপ-মাত্রা নির্ণয় করতে হবে।

একটি নির্দ্দিষ্ট পরিমান শক্তি ব্যয় করে যদি একটি তারের এক বিন্দু থেকে অন্য এক বিন্দু পর্য্যন্ত এক এ্যাম্পিয়ার

ঘটা এবং ঐ প্রবাহের শক্তিকেই এক এ্যাম্পিয়ার শক্তি বলা হয়। এক এ্যাম্পিয়ারের চেয়ে কম শক্তির কারেণ্ট বুঝাবার জন্য এ্যাম্পিয়ারকেও ভগ্নাংশের সাহায্যে প্রকাশ করা হয়। যথা :—

১ এ্যাম্পিয়ার = ১০০০ মিলি এ্যাম্পিয়ার (মিঃ এঃ)

১ মিলি এ্যাম্পিয়ার = ১০০০ মাইক্রো এ্যাম্পিয়ার (মাঃ এঃ)

১ মাইক্রো এ্যাম্পিয়ার = ১০,০০,০০০ মাইক্রো, মাইক্রো এ্যাম্পিয়ার (মাঃ মাঃ এঃ)

এ্যানড্রে মেরী এ্যাম্পিয়ার
১৭৭৫—১৮৩৬

১ মিলি এ্যাম্পিয়ার তা হলে দাঁড়ায় ১ এ্যাম্পিয়ারের হাজার ভাগের এক ভাগ অর্থাৎ $\frac{১}{১০০০}$ এ্যাম্পিয়ার। কোন পদার্থের মধ্য দিয়ে ইলেকট্রিক কারেণ্ট চলার সময় তার শক্তির

পরিমাপ বুঝাবার জন্য শুধু এ্যাম্পিয়ার কথাটাই ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

এ তো গেল কারেন্ট বা প্রবাহ শক্তির কথা। এখন ভোল্টেজ বা চাপমাত্রার একক খুঁজে বের করা যাক। আগেই দেখতে পেয়েছি যে, বৈদ্যুতিক চাপ সৃষ্টির জন্য শক্তির

আলেকজেনড্রো ভোল্ট

১৭৪৫ ১৮২৬

প্রয়োজন। অতএব যে পরিমাণ শক্তি খরচ হচ্ছে, তাকে ধরেই আমাদের চাপ-মাত্রা নির্ণয় করতে হবে।

একটি নির্দ্দিষ্ট পরিমান শক্তি ব্যয় করে যদি একটি তারের এক বিন্দু থেকে অন্য এক বিন্দু পর্য্যন্ত এক এ্যাম্পিয়ার

কারেন্ট উৎপন্ন করা যায়, তবে ঐ নির্দ্দিষ্ট শক্তির সৃষ্ট বৈদ্যুতিক চাপকে (ইলেকট্রিক্যাল ভোল্টেজ) চাপ-মাত্রার একক বলে ধরে নিতে হবে। দুটি বিন্দুর মধ্যে এক জুল (১০^7 আর্গ) পরিমাণ শক্তি ব্যয় করে যদি এক এ্যাম্পিয়ার কারেন্ট পাওয়া যায়, তবে বিন্দু দুটির মধ্যকার বৈদ্যুতিক চাপকে এক ভোল্ট বলা হবে। প্রবাহ-বিদ্যুৎ আবিষ্কর্তা **আলেকজেনড্রো ভোল্টা** (Alessandro Volta)-র নাম অনুযায়ী ইলেকট্রিক ভোল্টেজের একককে **ভোল্ট** বলা হয়। এক ভোল্টেরও ভগ্নাংশ করা যায়। যথা:—

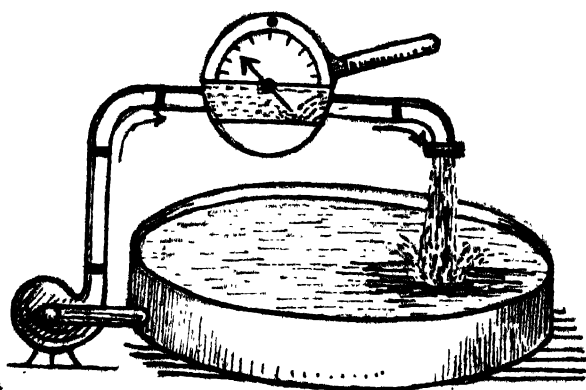
১ ভোল্ট = ১০০০ মিলি ভোল্ট (মিঃ ভোঃ)।

১ মিলি ভোল্ট = ১০০০ মাইক্রো ভোল্ট (মাঃ ভোঃ)।

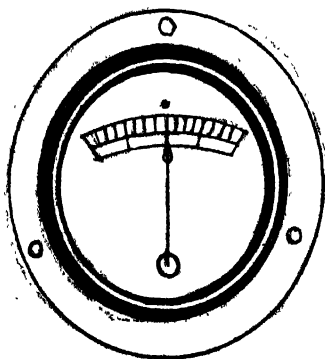
আবার ১০০০ ভোল্টকে ১ কিলো ভোল্ট বলা হয়।

তা হলে জানা গেল যে, ইলেকট্রিক কারেন্ট পরিমাপের একক (ইউনিট) হচ্ছে "**এ্যাম্পিয়ার**"। আর ইলেকট্রিক ভোল্টেজের একক হোলো "**ভোল্ট**"। কোন পদার্থের মধ্যে কত এ্যাম্পিয়ার কারেন্ট চলবে, তা নির্ভর করে সেখানে কত ভোল্ট (ইলেকট্রিক্যাল ভোল্টেজ) রয়েছে তার ওপর।

এ্যামমিটার (Ammeter)—এ্যামমিটার হচ্ছে প্রবাহ পরিমাপক যন্ত্র। কোন নল বা পাইপের (Pipe) মধ্য দিয়ে প্রবাহিত জলপ্রবাহের গতির পরিমাপ নির্ণয়ের জন্য ৩৪নং চিত্রের ন্যায় ফ্লোমিটারকে ব্যবহার করা হয়। ফ্লোমিটারের উপর দিক থেকে ভেন (Vane) নামে একটি পাতলা লোহার

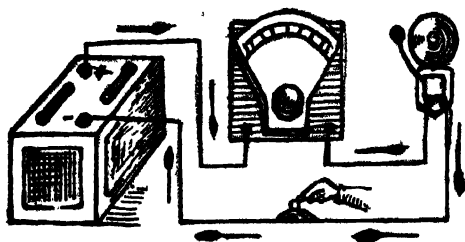
পাত চিত্রের ন্যায় ঝুলান থাকে। এই ভেনের সঙ্গে একটা পয়েণ্টার এমনভাবে লাগান থাকে যে, যখনই নলের মধ্য দিয়ে জল প্রবাহিত হয় তখনই জলের গতির ফলে ভেনটি চিত্রের ন্যায় সরে যায় ও তার পয়েণ্টের দ্বারা ঐ গতির নির্দ্দেশ দেয়। এখানে যেমন জলপ্রবাহের গতির পরিমাপ নির্ণয়ের জন্য ফ্লোমিটারের ব্যবহার করা হয়েছে তেমনি ইলেকটিক কারেণ্ট

৩৪নং চিত্র—পাইপ সার্কিটে যুক্ত ফ্লোমিটার।

প্রবাহের গতির পরিমাপ নির্ণয়ের জন্য যে যন্ত্র ব্যবহার করা হয় তাকে বলা হয় **এ্যাম্পিয়ার মিটার** (Ampere meter)। এই এ্যাম্পিয়ার মিটারকেই সহজ ভাষায় এ্যাম্‌মিটার বলে। ৩৫নং চিত্রে একটি এ্যাম্‌মিটারকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। এই এ্যাম্‌মিটারকে সব সময়েই সার্কিটের সঙ্গে

সিরিজে ব্যবহার করতে হয়; কারণ ইলেকট্রিক কারেন্টের প্রবাহের গতির পরিমাপ নির্ণয় করতে হলে ঐ প্রবাহকে ৩৬নং চিত্রের ন্যায় এ্যাম্‌মিটারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত করার দরকার হয়। চিত্রে ব্যাটারীর পজিটিভ (+) দিক থেকে প্রবাহ প্রথমে মিটারের এক প্রান্তে আসে ও পরে মিটারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়ে ইলেকট্রিক বেল-এ উপস্থিত হয় এবং সুইচ মারফৎ পুনরায় ব্যাটারীর নেগেটিভ (−) প্রান্তে ফিরে আসে।

৩৫নং চিত্র—একটি সাধারণ এ্যামমিটারের চিত্র।

ভোল্ট মিটার (Volt meter)—ওয়াটার ওয়ার্কস বা পাম্পিং ষ্টেশনে পাইপের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত জলের চাপকে জানবার জন্য ৩৭নং চিত্রে অঙ্কিত প্রেসার গেজকে (Pressure gauge) ব্যবহার করা হয়। আবার প্রত্যেক মোটর ও লরী চালকদের কাছে একটি ছোট প্রেসার গেজ থাকে, এই

প্রেসার গেজকে গাড়ীর টায়ারগুলির (Tyre) ভিতরকার বায়ুর চাপ (Pressure of air) জানবার জন্য ব্যবহার করা হয়।

ইলেকট্রিক্যাল প্রেসার—যা ইলেকট্রিক কারেন্টকে তারের মধ্য দিয়ে প্রবাহের জন্য চাপ দেয়, তাকে জানবার জন্য যে যন্ত্রের ব্যবহার করা হয় তাকে বলা হয় **ভোল্ট মিটার**। ৩৮নং চিত্রে একটি ভোল্ট মিটারকে দেখান হয়েছে।

৩৬নং চিত্র—এ্যামমিটার যুক্ত সার্কিট।

এই যন্ত্রকে ভোল্ট মিটার বলা হয় তার কারণ হচ্ছে এর দ্বারা ইলেকট্রিক্যাল প্রেসারকে ভোল্টের সাহায্যে নির্দ্দেশ দেওয়া হয়। ৩৯নং চিত্রের ন্যায় ভোল্ট মিটারকে সকল ক্ষেত্রেই সার্কিটের সঙ্গে প্যারালালে যুক্ত করতে হয়।

ইলেকট্রিকের কাজে এই ইলেকট্রিক প্রেসারকে বুঝাবার জন্য সাধারণত **ভোল্টেজ** (Voltage) কথাটি ব্যবহৃত হয়। যেমন—"তারের মধ্য দিয়ে ইলেকট্রিক প্রেসার ইলেকটিক কারেন্টকে প্রবাহের জন্য চাপ দিচ্ছে"

বিদ্যুত কথাটি না বলে বলা হয় "তারের মধ্যকার ভোল্টেজ"। আবার—"ব্যাটারীর ইলেকট্রিক্যাল প্রেসার"-এর পরিবর্ত্তে বলা হয় "ব্যাটারীর ভোল্টেজ" ইত্যাদি।

ডিরেক্ট কারেণ্ট ও অল্টারনেটিং কারেণ্ট (Direct Current and Alternating Current)—ইলেকট্রিক কারেণ্টকে দুই ভাগে ভাগ করা হয়েছে, যেমন—**ডিরেক্ট**

৩৭নং চিত্র—প্রেসারগেজ যা জলের বা ষ্টিমের চাপ মাত্রাকে জানবার জন্য পাইপ সার্কিটে সংযুক্ত থাকে।

৩৮নং চিত্র—একটি সাধারণ ভোল্ট মিটারের চিত্র।

কারেণ্ট (Direct Current) ও **অল্টারনেটিং কারেণ্ট** (Alternating Current)। ৪১নং চিত্রে ঐ দুই কারেণ্টকে জল প্রবাহের সঙ্গে তুলনা করে দেখান হয়েছে। চিত্র লক্ষ্য করলে দেখা যাবে যখন পাইপের মধ্যস্থিত পিস্টনটি (Piston) সামনের দিকে চাপ দেবে—জলও তখন সামনের দিকে প্রবাহিত

হবে। পুনরায় পিস্টনটি যখন বিপরীত দিকে চাপ দেবে জলের প্রবাহও তখন বিপরীতমুখী হবে। এইভাবে যখন পাম্পটিকে চালনা করা হবে তখন পাইপের মধ্য দিয়ে জলের প্রবাহ প্রথমে একদিকে ও পরে বিপরীত দিকে চলতে শুরু করবে অর্থাৎ জলের প্রবাহ অনবরত দিক পরিবর্ত্তন করতে থাকবে। কারেণ্টও ঠিক এইভাবে দিক পরিবর্ত্তন করে থাকে। কিন্তু উপযুক্ত ব্যবস্থা করলে ঐ দিক পরিবর্ত্তনশীল প্রবাহকে একাভিমুখী করা যায়। এই দিক-পরিবর্ত্তনশীল প্রবাহকে বলা হয় **অল্টারনেটিং কারেণ্ট** সংক্ষেপে A/C এবং একাভিমুখী প্রবাহকে বলা হয়— **ডিরেক্ট কারেণ্ট** সংক্ষেপে D/C।

৩৯ন. চিত্র—ভোল্ট মিটার যুক্ত সার্কিট।

কারেণ্টের এই দিক পরিবর্ত্তন এত দ্রুত হয় যে, মানুষের চোখে তা ধরা পড়ে না। সাধারণতঃ যে অল্টারনেটিং কারেণ্টে আমরা বৈদ্যুতিক আলো ও পাখা চালিয়ে থাকি তার কম্পন হলো ৫০ অথবা ৬০ সাইক্লস। অর্থাৎ অল্টারনেটিং কারেণ্ট যখন সেকেণ্ডে ৫০ বার সম্পূর্ণ দিক পরিবর্ত্তন করে তখন তাকে বলা হয় ৫০ সাইক্লস কারেণ্ট ও ৬০ বার দিক পরিবর্ত্তন করলে

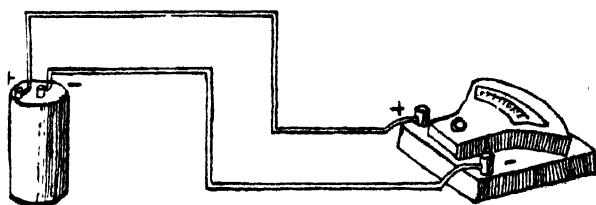
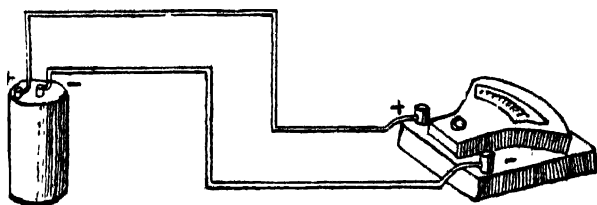
বিদ্যুৎ কথাটি না বলে বলা হয় "তারের মধ্যকার ভোল্টেজ"। আবার—"ব্যাটারীর ইলেকট্রিক্যাল প্রেসার"-এর পরিবর্ত্তে বলা হয় "ব্যাটারীর ভোল্টেজ" ইত্যাদি।

ডিরেক্ট কারেণ্ট ও অলটারনেটিং কারেণ্ট (Direct Current and Alternating Current)—ইলেকট্রিক কারেণ্টকে দুই ভাগে ভাগ করা হয়েছে, যেমন—**ডিরেক্ট**

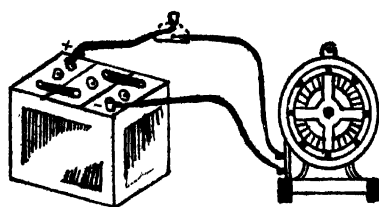
৩৭নং চিত্র—প্রেসারগেজ যা জলের বা ষ্টিমের চাপ মাত্রাকে জানবার জন্য পাইপ সার্কিটে সংযুক্ত থাকে।

৩৮নং চিত্র—একটি সাধারণ ভোল্ট মিটারের চিত্র।

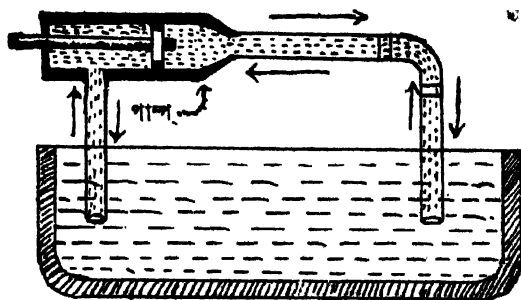
কারেণ্ট (Direct Current) ও **অলটারনেটিং কারেণ্ট** (Alternating Current)। ৪১নং চিত্রে ঐ দুই কারেণ্টকে জল প্রবাহের সঙ্গে তুলনা করে দেখান হয়েছে। চিত্র লক্ষ্য করলে দেখা যাবে যখন পাইপের মধ্যস্থিত পিস্‌টন্‌টি (Piston) সামনের দিকে চাপ দেবে—জলও তখন সামনের দিকে প্রবাহিত

হবে। পুনরায় পিস্টনটি যখন বিপরীত দিকে চাপ দেবে জলের প্রবাহও তখন বিপরীতমুখী হবে। এইভাবে যখন পাম্পটিকে চালনা করা হবে তখন পাইপের মধ্য দিয়ে জলের প্রবাহ প্রথমে একদিকে ও পরে বিপরীত দিকে চলতে শুরু করবে অর্থাৎ জলের প্রবাহ অনবরত দিক পরিবর্ত্তন করতে থাকবে। কারেন্টও ঠিক এইভাবে দিক পরিবর্ত্তন করে থাকে। কিন্তু উপযুক্ত ব্যবস্থা করলে ঐ দিক পরিবর্ত্তনশীল প্রবাহকে একাভিমুখী করা যায়। এই দিক-পরিবর্ত্তনশীল প্রবাহকে বলা হয় **অল্টারনেটিং কারেন্ট** সংক্ষেপে A/C এবং একাভিমুখী প্রবাহকে বলা হয়—**ডিরেক্ট কারেন্ট** সংক্ষেপে D/C।

৩৯ন. চিত্র—ভোল্ট মিটার যুক্ত সার্কিট।

কারেন্টের এই দিক পরিবর্ত্তন এত দ্রুত হয় যে, মানুষের চোখে তা ধরা পড়ে না। সাধারণতঃ যে অল্টারনেটিং কারেন্টে আমরা বৈদ্যুতিক আলো ও পাখা চালিয়ে থাকি তার কম্পন হলো ৫০ অথবা ৬০ সাইক্লস। অর্থাৎ অল্টারনেটিং কারেন্ট যখন সেকেণ্ডে ৫০ বার সম্পূর্ণ দিক পরিবর্ত্তন করে তখন তাকে বলা হয় ৫০ সাইক্লস কারেন্ট ও ৬০ বার দিক পরিবর্ত্তন করলে

তাকে বলা হয় ৬০ সাইক্লস কারেন্ট। রেডিও ওয়েভস থেকেও অল্টারনেটিং কারেন্ট পাওয়া যায়; অবশ্য তার ফ্রিকোয়েন্সি রেডিও ফ্রিকোয়েন্সির সমান। অর্থাৎ এরিয়ালে যে অল্টারনেটিং কারেন্ট উপস্থিত হয় তার ফ্রিকোয়েন্সি হলো সেকেণ্ডে হাজার থেকে কয়েক নিযুতের সমান। তা বলে এ বুঝায় না যে, এরিয়ালের (এ্যান্‌টেনার) ঐ দ্রুত অল্টারনেটিং কারেন্টকে সোজা নিয়ে গিয়ে স্পীকারে উপস্থিত করা হয়। এর জন্য ডিটেক্‌শনের প্রয়োজন। এই ডিটেক্‌শন সম্বন্ধে পরে আলোচনা করবো।

৪০নং চিত্র—ব্যাটারী ভোল্টেজে যুক্ত ইলেকট্রিক মোটার।

ইলেকট্রিক রেজিষ্ট্যান্স (Electric Resistance)—পূর্ব্বেই বলেছি, বৈদ্যুতিক চাপের সাহায্যে কোন পরিবাহী পদার্থের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ-প্রবাহ উৎপন্ন করা যায় এবং বৈদ্যুতিক চাপমাত্রার তারতম্য অনুযায়ী প্রবাহের পরিমাণ নির্দ্ধারিত হয়। চাপ (ভোল্টেজ) বেশী হলে প্রবাহ (কারেন্ট) বৃদ্ধি পায় এবং চাপ কম হলে প্রবাহ কমে যায়। কিন্তু যে পথের মধ্য দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হবে, তাকে এখনও হিসারের

মধ্যে ধরা হয়নি। এই পথের কার্য্যকারিতাকেও আমাদের হিসাবের মধ্যে আনতে হবে—কারণ প্রবাহের পরিমাণ শুধু চাপ-শক্তির উপরই নির্ভর করে না—যে পদার্থের মধ্য দিয়ে প্রবাহ চলবে, সে পদার্থের স্বাভাবিক পরমানুগত ধর্ম্ম বা সংগঠন এবং আয়তন ইত্যাদিও প্রবাহকে নিয়ন্ত্রণ করে। ইলেকট্রিক ভোল্টেজের ফলে পরিবাহী পদার্থের মধ্যে আলগাভাবে সংযুক্ত ইলেক্‌ট্রনগুলি এক পরমাণু থেকে অন্য পরমাণুতে যাতায়াত করে

৪১নং চিত্র—এখানে ডিরেক্ট কারেণ্ট ও অল্টারনেটিং কারেণ্টকে জলের প্রবাহের সঙ্গে তুলনামূলক ভাবে অঙ্কন করা হয়েছে।

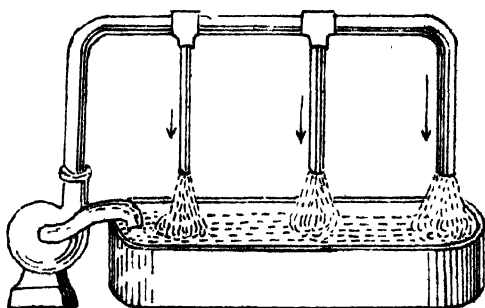
—অর্থাৎ এক পরমাণুর সঙ্গে সংঘর্ষে আসে ও সেখানকার ইলেকট্রন্ স্থানচ্যুত হয়। এই সমস্ত সংঘর্ষের অর্থই হচ্ছে কাজ করা, আর কাজ হলেই শক্তি (এনার্জি) খরচ হয়।

তা হলে এই দেখা যাচ্ছে যে, অপরিবাহী পদার্থের মধ্য দিয়ে চলতে গেলেই ইলেকট্রনগুলিকে এনার্জি খরচ করতে হয়। তার মানে, ইলেকট্রনগুলির অগ্রগতির পথে কিছুটা

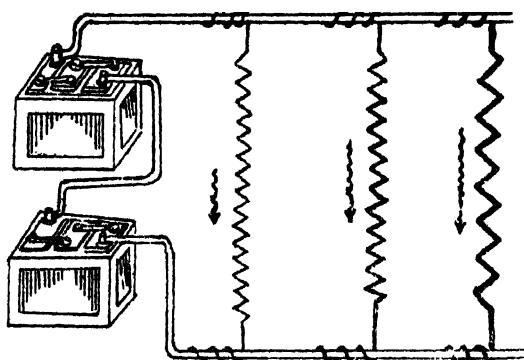
বাধা রয়েছে। বাধা না থাকলে নিশ্চয়ই এনার্জি খরচের প্রশ্নই উঠে না। যেমন ধরা যাক, একজন সুস্থ সবল ব্যক্তি ছুটে চলেছেন রাস্তা দিয়ে। এইভাবে কিছুক্ষণ ছোটার পর যে শক্তি নিয়ে তিনি প্রথম ছুটতে আরম্ভ করেছিলেন—ঠিক সেই শক্তি কি তাঁর থাকবে? মোটেই না, কারণ কারও তা থাকে না। তখন মনে হয় যেন শরীর ক্লান্ত হয়ে আসছে, পা দুটি যেন আর চলতে চায় না। বলতে পারেন কেন এ ক্লান্তি আসে? কারণ, বাধাকে জয় করে, পা দুটিকে সমান তালে ফেলে, নিজেকে এগিয়ে নিয়ে যেতে গিয়ে দেহের শক্তি ক্রমাগত ক্ষয় হয়ে থাকে; ফলেই এই অবস্থার সৃষ্টি হয়। তা হলে এ সকল ক্ষেত্রে যেমন বাধার অস্তিত্ব আছে, ইলেকট্রিক কারেণ্টের ক্ষেত্রেও ঐ ধরণের বাধা রয়েছে। এই বাধাকে ইংরাজীতে বলা হয় **রেজিষ্ট্যান্স** (Resistance) বাংলায় যাকে বলা যায় 'রোধ' বা 'প্রতিরোধ'।

এখন দেখা যাচ্ছে ইলেকট্রিক কারেণ্টের সঙ্গে একদিকে যেমন জড়িত রয়েছে ইলেকট্রিক ভোল্টেজ, অন্যদিকে তেমনি রয়েছে বৈদ্যুতিক প্রতিরোধ (ইলেকট্রিক রেজিষ্ট্যান্স)। যে পথের মধ্য দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হয়, সেই পথের রেজিষ্ট্যান্স যদি বৃদ্ধি পায় তা হলে কারেন্ট ক্ষীণতর হয়ে পড়ে এবং রেজিষ্ট্যান্স কমে গেলে কারেন্ট বৃদ্ধি পায়। ৪২নং চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাওয়া যাবে

—পাম্পের সাহায্যে প্রত্যেকটি পাইপের মধ্যে সমান চাপ সৃষ্টি করা হয়েছে। কিন্তু বিভিন্ন মাপের পাইপ থাকার দরুণ বিভিন্ন রকম জল প্রবাহের উৎপত্তি হচ্ছে। চিত্রে অঙ্কিত তীর চিহ্নগুলি লক্ষ্য করলে তা বুঝতে পারা যাবে।

৪৩নং চিত্রটি ৪২নং চিত্রের অনুরূপ। এখানে পাম্পের পরিবর্ত্তে ব্যাটারী রাখা হচ্ছে এবং বিভিন্ন রকম পাইপের পরিবর্ত্তে—বিভিন্ন আকারের রেজিষ্ট্যান্স রাখা হয়েছে।

৪২নং চিত্র—জল প্রবাহের সাথে ইলেক্ট্রিক্যাল রেজিষ্ট্যান্সের বিশ্লেষণ।

পূর্ব্বে যেমন জলের চাপ সমান থাকা সত্ত্বেও বিভিন্ন রকম পাইপের মধ্য দিয়ে বিভিন্ন রকম জলের প্রবাহের সৃষ্টি হচ্ছিল অর্থাৎ মোটা পাইপের মধ্য দিয়ে মোটা ও সরু পাইপের মধ্য দিয়ে সরু প্রবাহের সৃষ্টি হয়েছিল, এখানেও সেইরূপ মোটা তারযুক্ত রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে বেশী ও অপেক্ষাকৃত সরু তারযুক্ত রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে কম কারেন্ট

সৃষ্টি হবে। কিন্তু ভোল্টেজ মেপে দেখলে দেখতে পাব সমস্ত সার্কিটের মধ্যে ভোল্টেজ সমানই আছে। প্রয়োজন অনুযায়ী কারেন্টকে কাজে লাগাতে হলে রেজিষ্ট্যান্সের ব্যবহার ভাল করে জানা দরকার—যেহেতু শুধু বেতারের কাজেই নয়, সমগ্র বিদ্যুৎ-বিজ্ঞানের ক্ষেত্রে রেজিষ্ট্যান্স একান্ত প্রয়োজনীয়।

৪৩নং চিত্র—ভিন্ন ভিন্ন ব্যাস বিশিষ্ট পাইপ সার্কিটের মধ্য দিয়ে যেমন বিভিন্ন রকম জলপ্রবাহের সৃষ্টি হয় তেমনি বিভিন্ন পরিমানবিশিষ্ট রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য দিয়েও ভিন্ন ভিন্ন পরিমাপের ইলেকট্রিক কারেন্ট পাওয়া যায়।

রেজিষ্ট্যান্সের একক (Unit of Resistance)—ভোল্টেজ ও কারেন্টের একক আমরা পেয়েছি। এখন রেজিষ্ট্যান্সের একক সম্বন্ধে দেখতে হবে। জার্ম্মান গণিতবিদ্ **জর্জ্জ সাইমন ওম্** (George Simon Ohm) অঙ্ক শাস্ত্রের মারফৎ ভোল্টেজ ও কারেন্টের সঙ্গে রেজিষ্ট্যান্সের

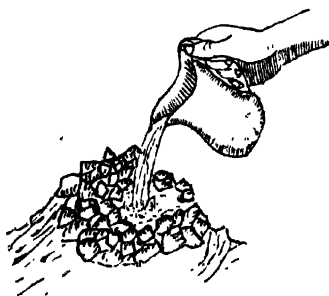
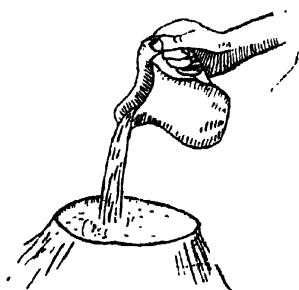
পারস্পরিক সম্পর্ক নির্দ্ধারণ করেছিলেন বলেই তাঁর নামানু-যায়ী পদার্থের রেজিষ্ট্যান্স পরিমাপের একককে **"ওম্"** বলা হয়।

কোন পরিবাহী পদার্থের মধ্য দিয়ে যদি এক ভোল্ট বিদ্যুৎচালক শক্তির চাপে এক এ্যাম্পিয়ার কারেন্ট চলে তা হলে ঐ পদার্থের রেজিষ্ট্যান্সের মাত্রাকে এক ওম্ বলে। আবার উচ্চ মাত্রাবিশিষ্ট রেজিষ্ট্যান্সকে **কিলো ও মেগ, অর্থাৎ এক হাজার ওম্কে এক কিলো ওম্ (Killo Ohm) এবং দশ লক্ষ্য ওম্কে বা এক হাজার কিলো ওম্কে এক মেগ ওম্ (Meg Ohm)** এই শব্দের সাহায্যে প্রকাশ করা হয়। যথা:— (১০০০ ওম্=১ কিলো ওম্। ১০,০০,০০০ ওম্ বা ১০০০ কিলো ওম্= ১ মেগ ওম্)।

ওম্ বুঝাবার প্রতীক চিহ্ন, যেটা বিদ্যুৎ শাস্ত্রে ব্যবহার করা হয় সেটি হলো Ω। এই চিহ্নটি বিশেষভাবে মনে রাখতে হবে।

কণ্ডাক্টর ও ইন্স্যুলেটর (Conductor and Insulator):—ইলেকট্রিক কারেন্ট, ভোল্টেজ, রেজিষ্ট্যান্স প্রভৃতি সম্বন্ধে তথ্য জানা হয়েছে বটে—কিন্তু যার মধ্য দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হয় তার সম্পের্ক কিছুই এখনও বলা হয়নি। যখন প্রত্যেকটি সংযোগকারী পদার্থের আয়তন একই রকম হয় এবং তাদের দুই প্রান্তের ভোল্টেজ একই পরিমাণবিশিষ্ট হয়, তখন সবগুলির মধ্য দিয়ে সমশক্তিবিশিষ্ট বিদ্যুৎপ্রবাহ চলা উচিত। কিন্তু তা না হয়ে দেখা যায়, রেশমী সুতার ক্ষেত্রে কোনরূপ প্রবাহ পাওয়া যায় না। লোহার তারের ক্ষেত্রে প্রবাহের

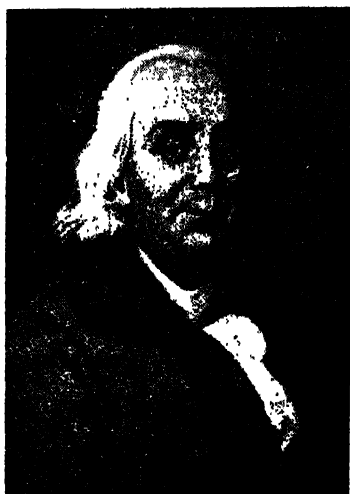
নির্দ্দেশ পাওয়া যায় বটে, তবে তামার তারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্টের মতো তা শক্তিশালী নয়। কেন এমন হয়? কেন রেশমী-সূতার মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহ পথ পায় না?

এ প্রশ্নের উত্তর দিতে গেলে কণ্ডাক্টর ও নন-কণ্ডাকটরের কথা এসে পরে। ৪৪নং ও ৪৫নং চিত্র দুটী লক্ষ্য করলে বিষয়টী আরও পরিষ্কার হবে। চিত্রে দেখান হয়েছে যে কতকগুলি পাথরখণ্ড যুক্ত আধারের মধ্যে যদি এক মগ জল ঢালা যায় তাহলে সে জল আধারের

৪৪নং চিত্র—পাথর খণ্ড যুক্ত আধারের মধ্যে নিক্ষিপ্ত জল।

৪৫নং চিত্র—কাদা মাটীর আধারে নিক্ষিপ্ত জল।

মধ্যে বেশীক্ষণ স্থায়ী হয় না, অল্পক্ষণের মধ্যেই চারিদিকে ছড়িয়ে পড়ে। কিন্তু যদি পাথরের পরিবর্ত্তে বালি বা কাদামাটির আধার প্রস্তুত করে তার মধ্যে জল ঢালা হয় তাহলে সেক্ষেত্রে জলকে বাহির হয়ে আসতে বেশ কিছুক্ষণ সময় লাগবে। আবার লক্ষ্য করলে দেখা যাবে কাদামাটীর চেয়ে বালির মধ্য দিয়ে জল আরও আগে পথ পায়। কাজেকাজেই দেখা যাচ্ছে জলের প্রবাহপথে পাথরখণ্ড ও বালির চেয়ে কাদামাটীর বাঁধা দেওয়ার ক্ষমতা বেশী। এক্ষেত্রে জলকে পথ দেওয়া সম্পর্কে বাঁধা অনুযায়ী পদার্থগুলি যেমন বিভিন্ন

ভাগে বিভক্ত তেমনি বিদ্যুৎ শাস্ত্রেও কারেন্ট প্রবাহকে পথ দেওয়া সম্পর্কে সমস্ত পদার্থগুলি মোটামুটি দুই ভাগে বিভক্ত, যেমন :—

১। **যারা পথ দেয় তাদের বলা হয় কণ্ডাকটর** (পরিবাহী)।

২। **যারা পথ দেয় না, তাদের বলা হয় নন্‌-কণ্ডাকটর বা ইনস্যুলেটর** ; (অপরিবাহী অথবা রোধক)।

বেঞ্জামিন ফ্রাঙ্কলিন

১৭০৬—১৭৯০

যে পদার্থের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হতে গিয়ে বিদ্যুৎ-প্রবাহ সহজে বাধা পায় না তাকে বলা হয় **কণ্ডাকটর** ; আর যার মধ্য দিয়ে প্রবাহের সময় বিদ্যুৎ-প্রবাহ সহজে বাধা

পায় তাকে বলা হয়, **নন্-কণ্ডাক্টর** বা **ইন্‌স্যুলেটর**। তাই রেশম নন্-কণ্ডাকটরের (অপরীবাহী) পর্য্যায়ে পড়ে এবং লোহা ও তামা তারতম্য সত্ত্বেও কণ্ডাকটরের (পরিবাহী) পর্য্যায়ে পড়ে।

বস্তুতঃ এমন কোন জিনিষ নাই যা, বিদ্যুৎ প্রবাহকে একেবারে কিছুমাত্র বাধা না দেয়। আবার এমন কোন জিনিষ নাই, যার মধ্য দিয়ে কিছুমাত্র বিদ্যুৎপ্রবাহ প্রবাহিত না হয়। সম্পূর্ণ ইন্‌স্যুলেটর বলেও কোন জিনিষ নেই, সম্পূর্ণ কণ্ডাক্টর বলেও কোন জিনিষ নেই। কারণ, দুই ভোল্ট বৈদ্যুতিক চাপবিশিষ্ট সার্কিটে যে সব জিনিষকে ইন্‌স্যুলেটর হিসাবে ধরা হয়, সেই সার্কিটে দুই-এর শতগুণ চাপবিশিষ্ট বৈদ্যুতিক চাপের সৃষ্টি করলে তারাই আবার অল্পবিস্তর কণ্ডাক্টর হয়ে দাঁড়ায়।

যে ধর্ম্মের বশে ধাতুনির্ম্মিত তারের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎপ্রবাহ সহজে চলাফেরা করতে পারে, সেই ধর্ম্মের নাম **কণ্ডাক্ট্যান্স** (Conductance)। ধাতুর কণ্ডাক্ট্যান্স বেশী, আর রেজিষ্ট্যান্স কম; রবার, দড়ি প্রভৃতির মধ্য দিয়ে বিদ্যুপ্রবাহ চলাফেরা করতে পারে না। কারণ রবারের রেজিষ্ট্যান্স খুব বেশী, আর কণ্ডাক্ট্যান্স নেই বললেই হয়। তাই রবার বস্তুটি ইন্‌স্যুলেসনের কাজে সব চেয়ে বেশী ব্যবহৃত হয়।

ধাতুর কণ্ডাকট্যান্সের একটি মোটামুটি তালিকা দেওয়া হল :—

তালিকা—৪

যে সব জিনিষের কণ্ডাক্‌ট্যান্স খুব বেশী তাদের নাম :—

লোহা (Iron)	রূপা (Silver)
সীসা (Lead)	সোনা (Gold)
পারা (Mercury)	পিতল (Brass)
ম্যাঙ্গানিজ (Manganese)	দস্তা (Zinc)
নিকেল (Nickel)	তামা (Copper)
প্ল্যাটিনয়েড (Platinoid)	প্ল্যাটিনাম্ (Platinum)

যে সব জিনিষের কণ্ডাক্‌ট্যান্স খুব কম :—

অভ্র (Mica)	চীনা মাটি (Porcilain)
কাচ (Glass)	ইবনাইট (Ebonite)
জল (Water)	রবার (Rubber)
বায়ু (Air)	শুক্‌নো কাঠ—নানা রকম
রেশম (Silk)	শুকনো কাগজ (Dry Paper)

যে সব জিনিষের কণ্ডাক্‌ট্যান্স মাঝারী রকম :—

ভিজে মাটি (Wet Earth) | কার্ব্বন (Carbon)

কাঠ-কয়লা ও পোড়া কয়লা (Charcoal and Coke)

আপাততঃ বৈদ্যুতিক ভোল্টেজ, কারেণ্ট ও রেজিষ্ট্যান্স কি, কি ভাবে রেজিষ্ট্যান্সের সাহায্যে বৈদ্যুতিক কারেণ্ট নিয়ন্ত্রণ করা যায় তা বলা হলো। এখন কিভাবে রেজিষ্ট্যান্সকে বৈদ্যুতিক কারেণ্ট নিয়ন্ত্রণের কাজে প্রয়োগ করতে হবে অর্থাৎ কোন একটি নির্দ্দিষ্ট ভোল্টেজ থেকে নির্দ্দিষ্ট পরিমাণ কারেণ্টের জন্য কতখানি রেজিষ্ট্যান্স দরকার বা কোন নির্দিষ্ট রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে কতখানি কারেণ্ট শক্তি পাওয়া যাবে, তার হিসাব আমরা পরে ওম্ সূত্রের (Ohm's Law) মধ্যে পাব। কারেণ্টের এই পরিমাণ নির্দ্ধারণ করার ব্যাপারেই ওম্ সূত্রের প্রয়োজন। এই সূত্র না জানা থাকলে কিছুতেই কারেণ্টের পরিমাণ বের করা যায় না। এর প্রয়োগ সম্বন্ধে সব কিছু পরে আমরা জানতে পারবো। এখন শুধু তার বিষয়বস্তুগুলি কি তা বলা হলো।

Test Questions

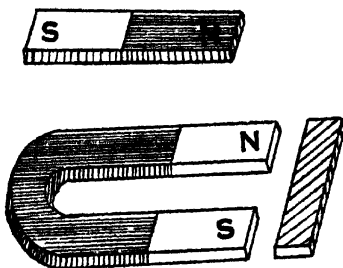
1. *What is electricity ?*
2. *How is electricity classified ?*
3. *What is meant by electric current ?*
4. *What is electric pressure called ?*
5. *What unit is used to measure the electric current ?*
6. *The plate current of a certain tube is 60 milliamperes Express this current in amperes and microamperes.*
7. *What is volt and why it is so called ?*
8. *Express 20 microvolts into killovolts.*
9. *What are direct current and alternating current ?*
10. *What is resistance ?*
11. *Why the unit of resistance is termed in ohm ?*
12. *What symbol is used to denote or express "ohm" ?*
13. *The plate resistor used in a certain stage of a radio circuit has a resistance of 5 megohm. Express this in ohms and killo-ohms.*
14. *Define : Volts, ampere and ohms.*
15. *What is the difference between a conductor and an insulator ?*
16. *What is meant by the term "conductance" ?*

চতুর্থ অধ্যায়

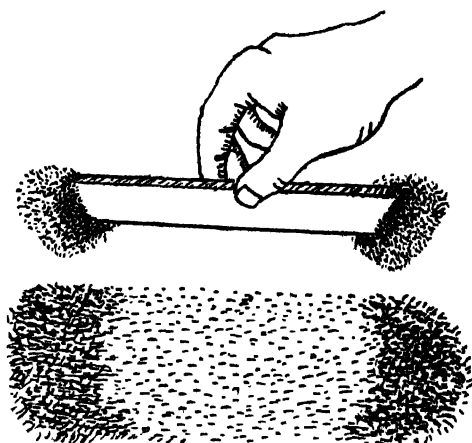
ম্যাগনেটিজম্ ও ইলেক্‌ট্রো-ম্যাগনেটিজম্

ন্যাচরাল ম্যাগনেট (Natural magnet) :—যদিও বৈদ্যুতিক শক্তি ও চুম্বক শক্তির মধ্যে সম্পর্ক কি তা জানতে পারা গেছে মাত্র একশত বৎসর পূর্ব্বে, কিন্তু ইতিহাসের পাতা উল্টালে দেখা যায়, মানব-সভ্যতার আদিম যুগেও মানুষের সহিত চুম্বক শক্তির পরিচয় ছিল। প্রাচীন কালের নাবিকেরা তাঁদের গন্তব্য স্থানে পৌঁছিবার জন্য **লোডষ্টোন** (Lodestone) নামে এক প্রকার চুম্বক (Magnet) ব্যবহার করতেন। মৃত্তিকাগহ্বর হতে আবিষ্কৃত এই লোডষ্টোন হলো অক্সাইড অব আয়রণে গঠিত এক প্রকার প্রস্তর যা সর্ব্বপ্রথম আবিষ্কৃত হয় এসিয়া মাইনরের ম্যাগনেসিয়া নামক প্রদেশে। কিন্তু লাটিন লেখক *Pliny*-র মতে ম্যাগনেট কথাটার উৎপত্তি হয় গ্রীক দেশীয় মেষপালক (Greek Shepherd) **ম্যাগনেস্** (Magnes) এর নামানুযায়ী, যিনি আইডা (Ida) নামক পর্ব্বতের উপর অবস্থিত এক প্রকাণ্ড প্রস্তর খণ্ড দ্বারা তাঁর হস্তস্থিত লৌহ-যষ্টির প্রতি আকর্ষণ সর্ব্ব প্রথম লক্ষ্য করেছিলেন। লৌহ ও ইস্পাতের প্রতি আকর্ষণ-শক্তিসম্পন্ন এই প্রস্তর খণ্ডই স্বভাবজ চুম্বক বা ন্যাচারাল ম্যাগনেট (Natural Magnet) নামে পরিচিত। এর এক প্রান্ত বরাবরই উত্তরাভিমুখে থাকে। কাজে কাজেই স্বভাবজ চুম্বক বা ন্যাচারাল

ম্যাগনেটের এই বিশেষ গুণের জন্যই প্রাচীন কালের নাবিকেরা একে দিগ্‌নির্ণয়ের কাজে ব্যবহার করতেন এবং সেই কারণেই একে বলা হয় দিগ্‌নির্ণয় প্রস্তর বা লোডষ্টোন (Lodestone বা Leading Stone)। এর আর এক নাম হচ্ছে **ম্যাগনেটীট্** (Magnetit)

আর্টিফিসিয়াল ম্যাগনেট—(Artificial Magnet) বা কৃত্রিম চুম্বক, সকল পদার্থ অর্থাৎ তামা, পিতল প্রভৃতি জিনিষ দ্বারা তৈরী হয় না। শুধু লৌহের দ্বারা সম্ভব হলেও

৪৭নং ও ৪৮নং চিত্র—এখানে বার ম্যাগনেট এবং আরমেচার (লৌহখণ্ড) সহ হর্স-সু ম্যাগনেটকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে।

সকল প্রকার লৌহের দ্বারা উহা সম্ভব নয়। কারণ কাঁচা লোহার দ্বারা ম্যাগনেট প্রস্তুত করলে তার চুম্বকত্ব অল্পকাল স্থায়ী হয়। তাই স্থায়ী চুম্বক বা পারমানেণ্ট ম্যাগনেট (Permanent Magnet) এর জন্য ইস্পাতই সব চেয়ে ভাল। যে চুম্বক তার চুম্বকত্বকে অধিক দিন স্থায়ী রাখতে পারে তাকেই **পারমানেণ্ট ম্যাগনেট** বলে। আর্টিফিসিয়াল ম্যাগনেটের চুম্বকত্বকে স্থায়ী রাখবার জন্য Keeper বা Armature (আরমেচার) নামে ৪৮নং চিত্রের ন্যায় একপ্রকার লৌহ খণ্ডকে ব্যবহার করা হয়।

আর্টিফিসিয়াল ম্যাগনেট সাধারণতঃ দুই প্রকারে প্রস্তুত হয়ে থাকে। প্রথমতঃ একখণ্ড শক্ত ইস্পাতের (a piece of hard steel) উপর কোন ন্যাচারাল ম্যাগনেটকে নিয়ম মত ভাবে ঘর্ষণ দ্বারা—এখানে নিয়ম মত বলতে ইস্পাতের মধ্যভাগ থেকে প্রথমে একদিকে ও পুনরায় মধ্যভাগ থেকে অপর দিকে ঘর্ষণ করতে হয়। এলোমেলো ভাবে ঘর্ষণ করলে ইস্পাত চুম্বকধর্ম্মী হয় না। দ্বিতীয় উপায় বৈদ্যুতিক প্রণালিতে অর্থাৎ ইলেকট্রো-ম্যাগনেটের সাহায্যে।

৪৯নং চিত্র ম্যাগনেটিক পোল বা মেরুকে এখানে পরীক্ষা মূলক ভাবে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে।

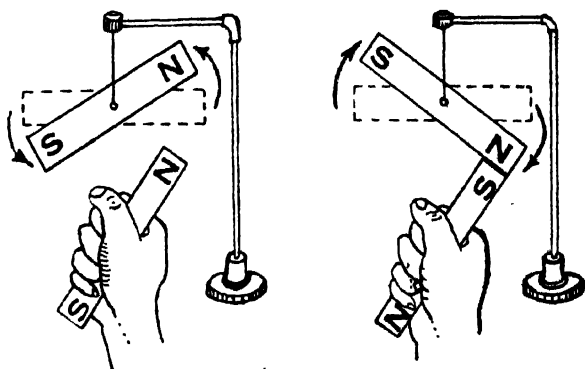
৪৭নং চিত্রে চুম্বক দণ্ড বা বার ম্যাগনেটকে (Bar Magnet) এবং ৮৪নং চিত্রে অশ্ব খুরাকৃতি চুম্বক বা হর্স-সু ম্যাগনেটকে (Horse-shoe Magnet) অঙ্কত করে দেখান হয়েছে।

ম্যাগনেটের মেরু বা পোল (Poles of Magnet)—৪৯নং চিত্রের ন্যায় যদি একটুকরা কাগজের উপর কিছু

লোহার গুঁড়া রেখে তার নিকট একটা ম্যাগনেট আনা যায়, তাহলে দেখা যাবে, লোহার গুড়াগুলি ম্যাগনেটের গায়ে সম্বদ্ধ হয়ে গেছে। এমন কি ম্যাগনেটটিকে যদি সমস্ত গুঁড়াগুলির উপর ফেলে ঘুরান যায়, তাহলেও দেখা যাবে, গুঁড়াগুলি ম্যাগনেটের মধ্যভাগের চেয়ে তার দুই প্রান্তে বেশী সংলগ্ন হয়ে আছে। কাজে কাজেই দেখা যাচ্ছে, একটি লম্বা আকৃতির ম্যাগনেটের (বার ম্যাগনেট) প্রান্তদ্বয়ের আকর্ষণ-শক্তি অধিক এবং মধ্যভাগের কোন আকর্ষণ-শক্তি নাই বললেই হয়। ম্যাগনেটের এই দুই প্রান্তকেই **পোল** (Pole) বা **মেরু** বলা হয়।

বৈজ্ঞানিকেরা বলেন যে. পৃথিবী নিজেই একটি বৃহৎ চুম্বক। উহার দক্ষিণ মেরু ভৌগলিক উত্তর মেরুর নিকট এবং উত্তর মেরু ভৌগলিক দক্ষিণ মেরুর নিকট অবস্থিত। তাই একটি চুম্বক দণ্ড বা বার ম্যাগনেটকে মধ্যভাগে সূতা বেঁধে ঝুলিয়ে দিলে ঝুলান অবস্থায় ম্যাগনেটের উত্তর ও দক্ষিণ মেরু যথাক্রমে ভূ-চুম্বকের দক্ষিণ ও উত্তর মেরু দ্বারা আকৃষ্ট হয় বলেই ঝুলান ম্যাগনেটটি অন্য কোন দিক অবলম্বন না করে কেবলমাত্র উত্তর-দক্ষিণে স্থির হয়ে দাঁড়িয়ে থাকে। ম্যাগনেটের যে দিকটা উত্তর দিকে মুখ করে থাকে তাকে বলা হয় উত্তর সন্ধানী (North seeking) বা **উত্তর মেরু** (North Pole) আর যে দিক দক্ষিণ দিকে মুখ করে থাকে তাকে বলা হয় দক্ষিণ সন্ধানী (South seeking) বা **দক্ষিণ মেরু** (South Pole)। সংক্ষেপে 'উ' ও 'দ' (N ও S)।

ম্যাগনেটের আকর্ষণ ও বিকর্ষণ (Magnatic attraction and repulsion)—পূর্ব্বোক্ত পরীক্ষা দ্বারা ম্যাগনেটের উত্তর প্রান্তস্থিত পোল বা মেরুর কার্য্যকারিতাকে বুঝা যায় বটে কিন্তু তাদের উভয়ের বিপরীত কার্য্যক্রমকে জানতে হলে

দুটি ম্যাগনেটের দরকার। যে কোন একটি ম্যাগনেটকে ৫০ নং চিত্রের ন্যায় সূতা বেঁধে ঝুলিয়ে দিলে দেখতে পাওয়া যাবে, ম্যাগনেটটি কিছুক্ষণ দোলার পর উত্তর দক্ষিণে স্থির হয়ে আছে। এইবার চিত্রের ন্যায় দ্বিতীয় ম্যাগনেটের উত্তর মেরু (N) যদি প্রথমোক্ত ম্যাগনেটের (ঝুলান) উত্তর মেরুর (N) দিকে আনা যায়, তাহলে দেখা যাবে, প্রথমোক্ত ম্যাগ-নেটটি পিছু দিকে সরে যাচ্ছে—যেন বিকর্ষণ করছে। পুনরায় যদি দ্বিতীয় ম্যাগনেটের দক্ষিণ মেরু প্রথমোক্ত ম্যাগনেটের

৫০--৫১নং চিত্র—ম্যাগনেটদ্বয়ের আকর্ষণ ও বিকর্ষণ।

দক্ষিণ মেরুর দিকে ধীরে ধীরে নিয়ে যাওয়া যায়, তাহলে দেখা যাবে, পূর্ব্বের ন্যায় এবারও প্রথমোক্ত ম্যাগনেটটি বিপরীত দিকে যাবে। কিন্তু যদি ভিন্ন ধর্ম্মী মেরু পরস্পরের নিকট আনা যায় অর্থাৎ ৫১নং চিত্রের ন্যায় প্রথমোক্ত ম্যাগনেটের উত্তর মেরু দ্বিতীয় ম্যাগনেটের দক্ষিণ মেরুর নিকট অথবা প্রথমোক্ত ম্যাগনেটের দক্ষিণ মেরু দ্বিতীয় ম্যাগনেটের উত্তর মেরুর নিকট আনা যায়, তখন তারা দূরে না গিয়ে পরস্পর

পরস্পরকে আকর্ষণ করবে। অতএব এই থেকে প্রমাণিত হয় যে :—

১। ম্যাগনেটের সম প্রকৃতি মেরু পরস্পরকে বিকর্ষণ করে (Like poles repel)।

২। ম্যাগনেটের ভিন্ন প্রকৃতির মেরু পরস্পরকে আকর্ষণ করে (Unlike poles attract)

ম্যাগনেটদ্বয়ের এই আকর্ষণ ও বিকর্ষণ সম্বন্ধে ফরাসী বৈজ্ঞানিক Coulomb সর্ব্বপ্রথম লক্ষ্য করেছিলেন যে, পোলদ্বয়ের আকর্ষণ ও বিকর্ষণ শক্তি, তাদের মধ্যবর্ত্তী দূরত্বের বর্গফল (square of the distance)এর উপর নির্ভর করে অর্থাৎ ৫১নং চিত্রে অঙ্কিত ম্যাগনেটদ্বয়ের ঐ নির্দ্দিষ্ট দূরত্বকে দ্বিগুণ বর্দ্ধিত করলে পোলদ্বয়ের আকর্ষণ ও বিকর্ষণ শক্তি ঐ নির্দ্দিষ্ট দূরত্বের শক্তির চেয়ে এক-চতুর্থাংশ (One-fourth) কমে যায় এবং তিন গুণ দূরত্বে নিয়ে গেলে এক-নবমাংশ (One-ninth) শক্তি কমে যায়।

তিনি আরও লক্ষ্য করেছিলেন যে, পূর্ব্বে বর্ণিত ম্যাগনেটদ্বয়ের ন্যায় একটি একই শক্তির ম্যাগনেটকে আগের ঐ ম্যাগনেটদ্বয়ের যে কোন একটির সহিত যুক্ত করলে অর্থাৎ দুটি নির্দ্দিষ্ট দূরত্ব (equal **length** or **distance**) বিশিষ্ট ম্যাগনেটদ্বয়ের যে কোন একটি শক্তির দ্বিগুণ করলে তার আকর্ষণ ও বিকর্ষণ শক্তি (**force** of attraction and repulsion) দ্বিগুণ বৃদ্ধি পাবে। তাঁর মতে ম্যাগনেটদ্বয়ের এই **ফোর্স** (force) এবং **দূরত্ব** (Length or distance) এদের একটা করে ইউনিট (unit) ঠিক করতে পারলে প্রত্যেকটি ম্যাগনেট পোলের আকর্ষণ ও বিকর্ষণ শক্তির পরিমাণ নির্ণয় করা যায়। যেমন এক্ষেত্রে যদি লেংথ-এর ইউনিটকে **সেন্টিমিটার** (centimeter) এবং ফোর্স-এর

ইউনিটকে **ডাইন** (dyne) বলে ধরে নেওয়া হয়, তাহলে ঐ ইউনিট পোলকে এইভাবে ব্যাখ্যা করা চলে—

"An unit magnetic pole is one of such a strength that when placed at a distance of one centimeter ($\frac{1}{33}$ inch) from a similer pole of equal strength it repels it with a force of one dyne ($\frac{1}{27800}$ ounce)"

কাজে কাজেই দেখা যাচ্ছে যে কোন একটি পোলের শক্তি বা ম্যাগনেটিজমের পরিমাণকে (quantity of magnetism) পরিমাপ করা হয় **এক সেণ্টিমিটার** দূরত্বের দুইটি **একক শক্তি** (unit strength) বিশিষ্ট ম্যাগনেটিক্ পোলদ্বয়ের মধ্যবর্ত্তী **ডাইন শক্তির** (dyne of force) সাহায্যে। যেমন উদাহরণ স্বরূপ—পোলদ্বয়ের ঐ শক্তি যদি হয় ৫০ ডাইন, তাহলে বলা হবে যে পোলগুলি ৫০ ইউনিট **ম্যাগনেটিজম** বিশিষ্ট।

উপরিলিখিত বিষয়টি সূত্রের আকারে লিখলে হয় :—

$$F = \frac{m_1 \, m_2}{d^2} \quad \text{......................... (i)}$$

এখানে F হচ্ছে ফোর্স বা ডাইন হিসাবে পোলদ্বয়ের আকর্ষণ ও বিকর্ষণ শক্তির পরিমাণ; m_1 হচ্ছে যে কোন একটি পোলের ম্যাগনেটিজমের পরিমাণ এবং m_2 হচ্ছে অপর পোলের ম্যাগনেটিজমের পরিমাণ আর d_2 হচ্ছে পোলদ্বয়ের মধ্যকার দূরত্ব (এক্ষেত্রে দূরত্বের বর্গ)। উদাহরণ দিয়ে বুঝালে বিষয়টি আরও পরিষ্কার হবে।

উদাহরণ ১—যদি একটি ৪০০ ইউনিট শক্তি (unit strength) বিশিষ্ট উত্তর মেরু বা N পোলকে আর একটি ১০০ ইউনিট শক্তি বিশিষ্ট উত্তর মেরু বা **N** পোল

থেকে ৫ সেণ্টিমিটার দূরত্বে রাখা হয়, তাহলে তাদের ফোর্স বা ডাইন হিসাবে বিকর্ষণ শক্তির পরিমাণ কত হবে?

সূত্র হচ্ছে:—

$$F = \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

অতএব, m_1 বলা হয়েছে ৪০০; m_2 হচ্ছে ১০০ আর d^2 হচ্ছে ৫।

$$\therefore F = \frac{৪০০ \times ১০০}{৫^2} = \frac{৪০০০০}{২৫} = ১৬০০ \text{ ডাইন।}$$

উদাহরণ ২—যথাক্রমে ৫০০ এবং ২০০ ইউনিট শক্তি বিশিষ্ট দুইটি ম্যাগনেটিক পোল যদি ১০০০ ফোর্স বা ডাইন শক্তির সাহায্যে পরস্পর পরস্পরকে আকর্ষণ করে তাহলে পোলদ্বয়ের মধ্যকার দূরত্ব কত হবে?

সূত্র হচ্ছে:—

$$F = \frac{m_1 m_2}{d^2}$$

এথেকে দূরত্বের জন্য সূত্র পাই:—

$$d^2 = \frac{m_1 m_2}{F}$$

এবং $$d = \sqrt{\frac{m_1 m_2}{F}}$$

অতএব, m_1 বলা হয়েছে ৫০০, এবং m_2 বলা হয়েছে ২০০ ; আর F হচ্ছে ১০০০।

$$\therefore d = \sqrt{\frac{৫০০ \times ২০০}{১০০০}}$$

$$= \sqrt{\frac{১০০০০০}{১০০০}}$$

$$= \sqrt{১০০}$$

= ১০ সেন্টিমিটার (cm.)

উদাহরণ ৩—৫ সেন্টিমিটার দূরত্বের দুইটি ম্যাগনেটিক পোল যথা m_1 ও m_2. ২০০০ ফোর্স বা ডাইন শক্তির সাহায্যে পরস্পর পরস্পরকে আকর্ষণ করছে, এক্ষেত্রে m_2 এর পরিমাণ ৫০০ ইউনিট ; m_1 এর পরিমাণ নির্ণয় কর।

সূত্র হচ্ছে :—

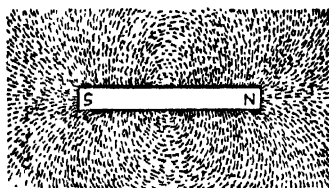
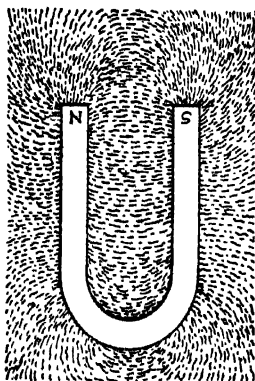
$$F = \frac{m_1 \, m_2}{d^2}$$

এথেকে m_1 এর জন্য সূত্র পাই :—

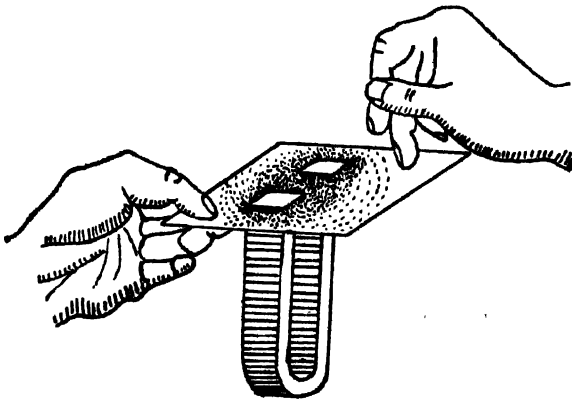
$$m_1 = \frac{F \, d^2}{m_2}$$

অতএব d বলা হয়েছে ৫ ; এবং F বলা হয়েছে ২০০০ ; আর m_2 হচ্ছে ৫০০

$$\therefore \; m_1 = \frac{২০০০ \times ২৫}{৫০০} = \frac{৫০০০০}{৫০০} =$$ ১০০ ইউনিট।

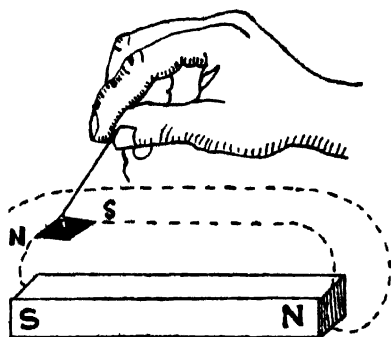
ম্যাগনেটিক ফিল্ড (Magnetic Field)—এক টুকরা কার্ড-বোর্ডের উপর খানিকটা লোহার গুঁড়া রেখে তার নীচে যদি একটা বার ম্যাগনেটকে (Bar-magnet) রাখা যায়, তাহলে লোহার গুঁড়াগুলি ৫২নং চিত্রে অঙ্কিত কার্ভ-লাইনের আকৃতি ধারণ করবে। হর্স-সু ম্যাগনেট (Horse

৫২নং চিত্র—বার ম্যাগনেটের চতুপার্শ্বস্থ ম্যাগনেটিক ফিল্ড।

৫৩নং চিত্র – হর্স-সু ম্যাগনেটের চতুপার্শ্বস্থ ম্যাগনেটিক ফিল্ড।

shoe magnet) এর বেলায়ও লোহার গুঁড়াগুলি ৫৩নং চিত্রের ন্যায় রেখার আকারে সাজিয়ে যাবে। এক্ষেত্রে যার প্রভাবে লোহার গুঁড়াগুলি কার্ড-বোর্ডের উপর সাজিয়ে যাচ্ছে, তাকেই বলা হয় **ম্যাগনেটিক ফিল্ড**।

ম্যাগনেটিক লাইন্স অব্ ফোর্স (Magnetic lines of force)—হর্স-সু ম্যাগনেটের পোলদ্বয়ের উপর খানিকটা লোহার গুঁড়া ছড়িয়ে দিয়ে যদি নিজের আঙ্গুল দিয়ে আস্তে একটু নাড়া দেওয়া যায়, তাহলে দেখতে পাওয়া যাবে লোহার গুঁড়াগুলি ৫৪নং চিত্রের ন্যায় সাজিয়ে গেছে। এইরূপ যতবার লোহার গুঁড়াগুলি এক জায়গায় এনে আঙ্গুল দিয়ে কার্ড-বোর্ডটি নাড়া দেওয়া হবে, ততবারই

৫৪নং চিত্র—এখানে ম্যাগনেটিক লাইন্স অব ফোর্সকে পরীক্ষামূলকভাবে দেখান হয়েছে।

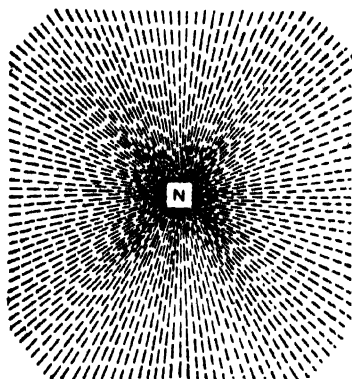
লোহার গুঁড়াগুলি চিত্র অনুযায়ী সাজিয়ে যাবে। যে অদৃশ্য শক্তির দ্বারা লোহার গুঁড়াগুলি ম্যাগনেটের পোলদ্বয়ের দুই প্রান্তে ছড়িয়ে একটা সম্পূর্ণ সার্কিটের সৃষ্টি করে, তাকে বলা হয় **ম্যাগনেটিক লাইন্স অব্ ফোর্স**।

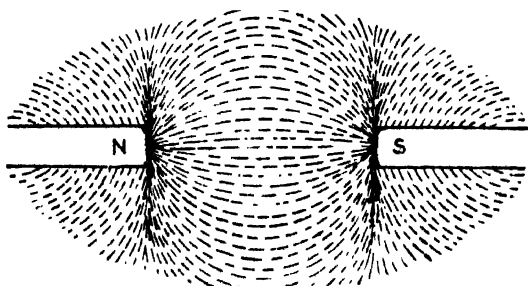
এখানে সম্পূর্ণ সার্কিট বলতে বুঝায়, পোলদ্বয়ের মধ্যকার ম্যাগনেটিক ফিল্ডে লাইন্স* অব্ ফোর্সের গতিপথ। যেমন ৫৫নং চিত্র লক্ষ্য করলে দেখা যাবে যে, একটি

ম্যাগনেটিক নিডল (Magnetic needle) বা চুম্বক-সূচীর মধ্যভাগে সূতা বেঁধে একটি ম্যাগনেটের কাছে চিত্রের ন্যায় ঝুলিয়ে ধরলেই এটি একটি নির্দ্দিষ্ট দিকে আকৃষ্ট হয়ে সেই দিকে এগিয়ে যাবে। চুম্বক-সূচীর এই অবস্থাটাই হচ্ছে আকর্ষণকারী পোলের ফোর্স বা শক্তির নির্দ্দেশক। এই অবস্থায় যদি চুম্বক-সূচীকে আলগা দিয়ে তাকে সামনের দিকে যেতে দেওয়া হয়, তাহলে দেখা যাবে, চুম্বক-সূচীটি ম্যাগনেটের এক প্রান্ত থেকে আর এক প্রান্ত পর্য্যন্ত একটা রেখাপথের নির্দ্দেশ দিচ্ছে। ম্যাগনেটিক ফিল্ডের মধ্য দিয়ে কার্ভের আকৃতি

৫৫নং চিত্র—একটি চুম্বক সূচীর সাহায্যে ম্যাগনেটের আকর্ষণকারী পোলের ফোর্সের রেখাপথকে পরীক্ষামূলকভাবে অঙ্কন করা হয়েছে।

বিশিষ্ট এই রেখাপথকেই বলা হয় **ম্যাগনেটিক লাইন্স অব্ ফোর্স**। ৫৬, ৫৭, ৫৮নং চিত্রে ম্যাগনেটিক লাইন্স অব্ ফোর্সের বিভিন্ন প্রকার রূপকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে।

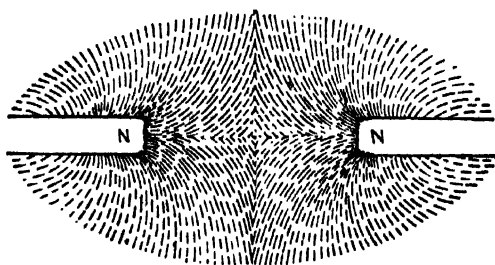
এই লাইন্স অব ফোর্স সম্বন্ধে ১৮৩০ সালে ইংরেজ বৈজ্ঞানিক মাইকেল ফ্যারাডে পরীক্ষামূলক ভাবে প্রমাণ করেন যে, লাইন্স অব্ ফোর্স তার গতিপথে ৫৯নং চিত্রের ন্যায় প্রথমে ম্যাগনেটের বাইরের পথে N পোল থেকে S পোলে

ও পরে ম্যাগনেটের মধ্য দিয়ে S পোল থেকে N পোলে এসে উপস্থিত হয়।

৫৬নং চিত্র—বার ম্যাগনেটের প্রান্তস্থিত লাইন্স অব ফোর্স।

ম্যাগনেটিক লাইন্স অব ফোর্স অল্টারনেটিং কারেন্টের মত দিক পরিবর্ত্তন করে না। কারণ, পূর্ব্বেই বলেছি ম্যাগনেটের

৫৭নং চিত্র—দুইটি বার ম্যাগনেটের ভিন্ন প্রকৃতির মেরুর মধ্যকার লাইন্স অব ফোর্স।

এক পোল থেকে গতিপথে বায়ু অতিক্রম করে আর এক পোলে ও পরে ম্যাগনেটের মধ্য দিয়ে একাভিমুখে প্রবাহিত হয়ে ম্যাগনেটিক সার্কিটের সৃষ্টি হয় (লাইন্স অব ফোর্সের

গতিপথের আর এক নাম ম্যাগনেটিক সার্কিট) বলেই ঐ ম্যাগনেটিক সার্কিটকে ইলেকট্রিসিটির ডিরেক্ট কারেন্টের সঙ্গে তুলনা করা হয়।

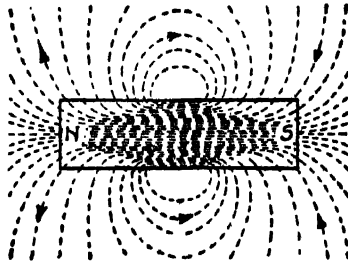
কাজে কাজেই দেখা যাচ্ছে, কোন ম্যাগনেটের বাইরের পথে (through air gap) ও মধ্যপথে (through body) প্রবাহিত লাইন্স অব্ ফোর্সের গতিপথকে **ম্যাগনেটিক সার্কিট** বলে। এই সার্কিটের বাহিরের পথ অর্থাৎ পোল-দ্বয়ের মধ্যকার বায়ুপথ লাইন্স অব্ ফোর্সকে সহজভাবে পথ দেয় না—কিছুটা বাধার সৃষ্টি করে। ফলে পোলদ্বয়ের

৫৮নং চিত্র—দুইটি বার ম্যাগনেটের সম প্রকৃতির মেরুর মধ্যকার লাইন্স অব ফোর্স।

মধ্যকার দূরত্ব যত বেশী হয়, ঐ বাধার পরিমাণও তত বেশী হয় আর ম্যাগনেটিক সার্কিটও ক্রমে দুর্ব্বল হয়ে পড়ে। কারণ ইলেকট্রিসিটির বেলায় যেমন তিনটি শক্তির পরিচয় পেয়েছি যথা :—

১। **ইলেকট্রোমোটিভ ফোর্স** (*Which is Pressure or Voltage*)
২। **রেজিষ্ট্যান্স** (*That provides Opposition*)
৩। **কারেন্ট** (*Which is flow of Energy*)

—তেমনি ম্যাগনেটিক সার্কিটের বেলায়ও তিনটির পরিচয় পাই যথা :—

১। ম্যাগনেটোমোটিভ ফোর্স
২। রিল্যাকটেন্স
৩। ফিল্ড অব ফোর্স

এক্ষেত্রে রিল্যাকটেন্সই হচ্ছে ঐ বাধা অর্থাৎ ম্যাগনেটিক সার্কিটে ঐ লাইন্স অব ফোর্সের গতিপথে যে বাধার অস্তিত্ব আমরা দেখলাম তাকেই বলে **রিল্যাকটেন্স** (Reluctance)।

৫৯ নং চিত্র—বার ম্যাগনেটের মধ্য দিয়ে লাইন্স অব ফোর্সের গতিপথ।

পূর্বেই বলেছি লাইন্স অব ফোর্সের গতিপথের আর এক নাম ম্যাগনেটিক সার্কিট। এই ম্যাগনেটিক সার্কিট বা ফিল্ড অব ফোর্সকে পরিমাপ করা হয় **ফ্লাক্স** (flux) এর সাহায্যে যাকে বলা হয় **ম্যাগনেটিক ফ্লাক্স** (magnetic flux)।

এক্ষেত্রে ম্যাগনেটিক সার্কিটের মোট লাইন্স অব ফোর্স (total number of lines of force) ম্যাগনেটিক ফ্লাক্স নামে পরিচিত।

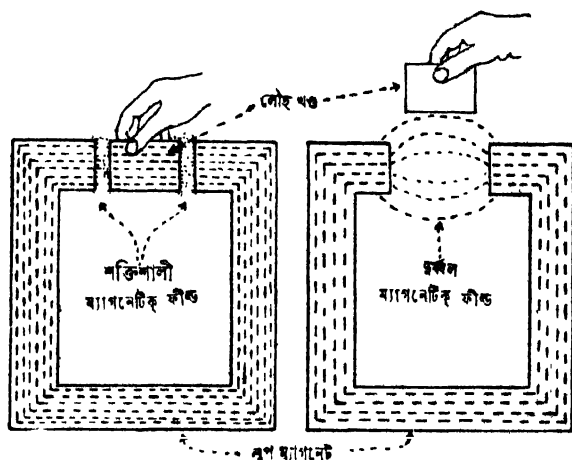
ম্যাগনেটিক ফ্লাক্সকে পরিমাপ করার জন্য **ম্যাক্সওয়েল** (জেমস্ ক্লার্ক ম্যাক্সওয়েলের নামানুসারে) কথাটিকে এর একক (unit) হিসাবে নির্দিষ্ট করা হয়েছে। এক্ষেত্রে ম্যাক্সওয়েলের অর্থ হচ্ছে—"The amount of magnetism passing through every square centimeter of a field of unit density."

আবার ঐ ম্যাগনেটিক সার্কিটের প্রতিটি একক বর্গের (unit area) লাইন সংখ্যাকে বলা হয় **ফ্লাক্স ডেনসিটি** (flux density)। পরিমাপ বিষয়ক ব্যাপারে এই ফ্লাক্স ডেনসিটিকে প্রতি বর্গ সেন্টিমিটার হিসাবে ধরা হয়। যেমন—১০০০ লাইন্স প্রতি বর্গ সেন্টিমিটার.........ইত্যাদি।

সাধারণতঃ দেখা গেছে, খুব ভাল একটা ম্যাগনেটের ফ্লাক্স ডেনসিটি ১৪,০০০ লাইন্স প্রতি বর্গ সেন্টিমিটার (14,000 lines per sq. cm.) পর্য্যন্ত হয়ে থাকে।

ইলেকট্রিক সার্কিটের বেলায় যেমন কারেণ্ট সৃষ্টির জন্য ইলেকট্রিক প্রেসারকে বাধার সম্মুখীন হতে হয় তেমনি ম্যাগনেটিক সার্কিটে, ম্যাগনেটিক ফিল্ড সৃষ্টির জন্য ম্যাগনেটিক প্রেসারকে (ম্যাগনেটোমোটিভ ফোর্স) এক প্রকার বাধার সম্মুখীন হতে হয়। ম্যাগনেটিক সার্কিটের এই বাধাকেই বলা হয় **রিল্যাকটেন্স** (Reluctance)। কাজে কাজেই দেখা যাচ্ছে এই রিল্যাকটেন্স, ম্যাগনেটিক রেজিষ্ট্যান্স ব্যতীত আর কিছুই নয়। তাই পদার্থের (materials) মধ্য দিয়ে লাইন্স অব ফোর্সের গতিপথের তারতম্য অনুযায়ী পদার্থকে **হাই-রিল্যাকটেন্স** ও **লো-রিল্যাকটেন্স** (High-reluctance and Low-reluctance) বলা হয়। অর্থাৎ কোন কোন পদার্থের মধ্য দিয়ে লাইন্স অব ফোর্সের অবাধ গতি আবার কতকগুলির মধ্যে উহার প্রতিবন্ধকতা দৃষ্ট হয়। ৬০নং চিত্র লক্ষ্য করলে বিষয়টি আরও পরিষ্কার হবে, চিত্রে দেখান

রিলাকটেন্সকে পরিমাপ করার জন্য **অরষ্টেড** (হ্যানস্ ক্রীশ্চিয়ান অরষ্টেডের নামানুসারে) কথাটিকে ইউনিট হিসাবে ব্যবহার করা হয়। এক্ষেত্রে অরষ্টেডের অর্থ হচ্ছে—"The reluctance offered by a cubic centimeter of a Vacuum."

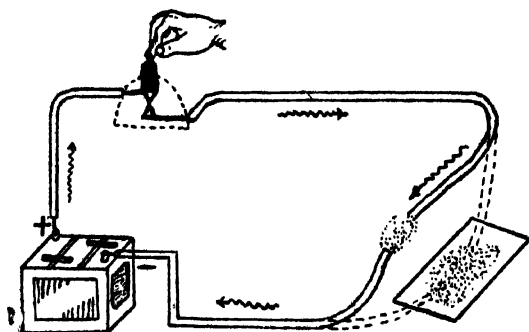
হয়েছে যে, একটা লুপ-ম্যাগনেটের দুইটি পোলের মধ্যভাগে বায়ু থাকায় লাইন্স অব ফোর্স সহজভাবে চলাফেরা করতে পারে না—ফলে চারিদিকে ছড়িয়ে পড়ে দুর্ব্বল ম্যাগনেটিক ফিল্ডের সৃষ্টি করে। এইরূপ অবস্থাকে বলা হয় হাই-রিলাকটেন্স আর যদি ৬১নং চিত্রের স্থায় একটা ছোট লৌহখণ্ডকে (আয়রণ আরমেচার) ঐ ম্যাগনেটের দুই পোলের মধ্যে ধরা হয় তাহলে লাইন্স অব ফোর্স আয়রণ আরমেচারের মধ্য দিয়ে

৬০ ও ৬১নং চিত্র—হাই-রিলাকটেন্স ও লো-রিলাকটেন্স।

সহজভাবে চলাফেরা করবে এবং তা চারিদিকে ছড়িয়ে না গিয়ে আরমেচারের মধ্যেই সীমাবদ্ধ থাকবে। তবে লুপ-ম্যাগনেট ও আরমেচারের মধ্যে যে সামান্য ফাঁক থাকে তার মধ্য দিয়ে পূর্ব্বাপেক্ষা সহজভাবে চলাফেরা করে শক্তিশালী ম্যাগনেটিক ফিল্ডের সৃষ্টি করবে। এইরূপ অবস্থাকে বলা হয় লো-রিলাকটেন্স।

এখন যদি ম্যাগনেটের পোলদ্বয়ের দূরত্বকে বাড়িয়ে দেওয়া যায় তা হলে রিলাকটেন্সও বেড়ে যাবে এবং ঐ

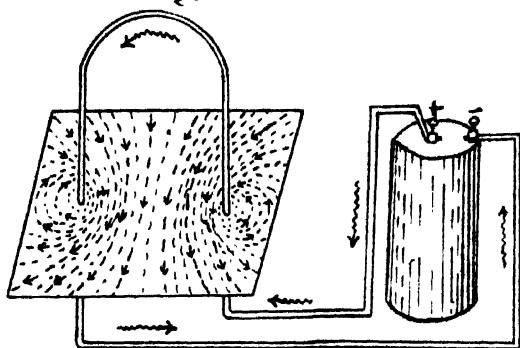
ম্যাগনেটিক সার্কিটকে আরও বেশী বায়ুর সম্মুখীন হতে হবে, ফলে লাইন্স অব ফোর্সের ঘনত্ব কমে গিয়ে প্রত্যেকটি লাইন্স অব ফোর্সের মধ্যে দূরত্বের সৃষ্টি হবে—এক কথায় লো-ফ্লাক্সে-এর সৃষ্টি হবে।

তা হলে দেখা গেল, রিলাকট্যান্স যত বাড়বে তত লো-ফ্লাক্স আর রিলাকটেন্স যত কমবে তত হাই-ফ্লাক্স-এর সৃষ্টি হবে।

ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ফিল্ড (Electromagnetic field)—একটা ব্যাটারীর দুই প্রান্তে অর্থাৎ ৬২নং চিত্রের ন্যায়

৬২নং চিত্র—কারেন্ট প্রবাহের ফলে ম্যাগনেটিক ফিল্ড। যখনই তারের মধ্য দিয়ে কারেন্ট প্রবাহিত হয়, তখনই লোহার গুঁড়াগুলি তারের গায়ে সংলগ্ন হয়ে যায়।

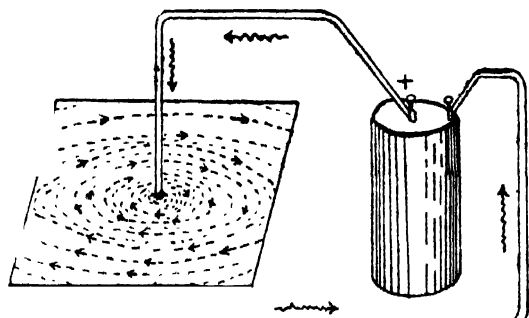
খানিকটা এনামেল কোটিং-যুক্ত তারের সাথে একটা পুস-বাটন সুইচ সংযুক্ত করে তারের এক প্রান্ত ব্যাটারীর পজিটিভ মুখে ও অপর প্রান্ত সুইচ মারফৎ ব্যাটারীর নেগেটিভ মুখে যুক্ত করে, কার্ডবোডের উপর রক্ষিত ঐ লৌহ-কুচিগুলির নিকট রেখে যদি পুস-বাটনটিকে চেপে ধরে সার্কিটের মধ্যে ইলেকট্রিক প্রবাহের ব্যবস্থা করা যায়, তাহলে দেখা যাবে

লৌহ-কুচিগুলি তারের গায়ে সংলগ্ন হয়ে গেছে এবং যখনই পুস-বাটন ছেড়ে দিয়ে সার্কিটের কারেন্ট প্রবাহ বন্ধ করে দেওয়া হবে, তখনই লৌহ-কুচিগুলি ঝরে কার্ডবোর্ডের উপর পড়ে যাবে।

এ থেকে বুঝা যায় যে, যখনই তারের মধ্য দিয়ে ইলেকট্রিক কারেণ্ট প্রবাহিত হয় তখনই তারের চতুষ্পার্শ্বে ম্যাগনেটিক ফিল্ডের সৃষ্টি হয় এবং প্রবাহ বন্ধ করে দিলেই ম্যাগনেটিক ফিল্ড অদৃশ্য হয়ে যায়।

৬৩ নং চিত্র—একাভিমুখে কারেন্ট প্রবাহের ফলে ম্যাগনেটিক ফিল্ডের আকৃতি।

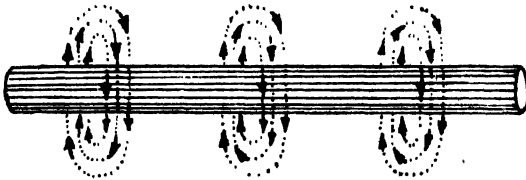
এক্ষেত্রে ইলেকট্রিসিটির সাহায্যে এই ফিল্ড সৃষ্টির জন্যই একে বলা হয় ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ফিল্ড। আবার যদি ঐ সার্কিটের মধ্যে একটা রেওষ্টাট (Rheostat, বিদ্যুৎ প্রবাহের গতিনিয়ন্ত্রণকারী এক প্রকার রেজিষ্ট্যান্স) সংযুক্ত করা যায়—যার দ্বারা সার্কিটের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্টকে প্রয়োজন অনুযায়ী কমান বা বাড়ান যায় তাহলে দেখতে পাব, সার্কিটের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট যখন কম থাকে তখন দুর্ব্বল ম্যাগনেটিক ফিল্ড এবং বেশী থাকলে শক্তিশালী ম্যাগনেটিক ফিল্ডের সৃষ্টি হয়।

একাভিমুখী বিদ্যুৎ প্রবাহ বা ডিসি থেকে সৃষ্টি ম্যাগনেটিক ফিল্ড এবং ম্যাগনেটিক লাইন্স অব্ ফোর্স একাভিমুখী হয়। আর দিক-পরিবর্ত্তী বিদ্যুৎ প্রবাহ বা এসি থেকে সৃষ্ট ম্যাগনেটিক ফিল্ড ও ম্যাগনেটিক লাইন্স অব্ ফোর্স দিক-পরিবর্ত্তনশীল হয়।

৬৩নং চিত্রের ন্যায় একটা কার্ডবোডের ঠিক মাঝখানে ছিদ্র করে খানিকটা এনামেল কোটিং যুক্ত তারকে প্রবেশ করিয়ে যদি ব্যাটারীর দুই প্রান্তে সংযুক্ত করা যায় তাহলে দেখা যাবে কার্ডবোডের উপর রক্ষিত লৌহ-কুচিগুলি চিত্রের ন্যায় তারের চতুর্দ্দিকে বৃত্তাকারে সাজিয়ে গেছে। পুনরায়

৬৪নং চিত্র—বিভিন্নমুখী কারেণ্ট প্রবাহের ফলে ম্যাগনেটিক ফিল্ডের আকৃতি।

যদি তারের দুইদিককে কাডবোডের ভিন্ন ভিন্ন দুইটি ছিদ্র পথে প্রবেশ করিয়ে দেওয়া যায় তাহলে ৬৪নং চিত্রের অনুরূপ অবস্থার সৃষ্টি হবে।

এ থেকে প্রমাণিত হয় যে, তারের মধ্য দিয়ে ইলেকট্রিক কারেণ্ট প্রবাহের ফলেই যখন (৬৫নং চিত্রের ন্যায়) তারের চতুষ্পার্শ্বে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ফিল্ডের সৃষ্টি হয় তখন কারেণ্টের পরিমাণের উপরই ফিল্ডের শক্তি (strength) নির্ভর করে।

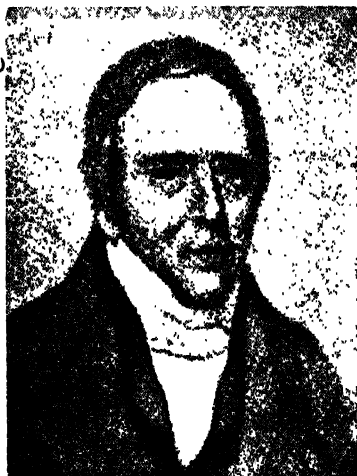
অরষ্টেডের পরীক্ষা (Oersted's Experiment)—ইলেকট্রিসিটির সাহায্যে যে ম্যাগনেটিক ফিল্ড উৎপন্ন হয়ে থাকে অরষ্টেডের পরীক্ষায় তা প্রথম ধরা পড়ে। ১৮২০ সালে কোপেন্‌হেগেন সহরের বিখ্যাত ডেনিস্ বিজ্ঞানবিদ্ **হ্যানস্ ক্রীশ্চিয়ন অরষ্টেড** (Hans Christion Oersted) ৬৭নং চিত্রের ন্যায় একটি তারের মধ্য দিয়ে ইলেকট্রিক কারেণ্ট চালনার সময় ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ফিল্ডের প্রথম সন্ধান পেয়েছিলেন। তিনি দেখতে পেয়েছিলেন, তারের মধ্য দিয়ে যখনই ইলেকট্রিক কারেণ্ট প্রবাহিত হয় তখনই চিত্রের

৬৫নং চিত্র—তারকে বৃত্তাকারে বেষ্টিত ম্যাগনেটিক ফিল্ড।

ন্যায় চুম্বক-সূচীটি (magnetic needle) বিক্ষিপ্ত হয়ে যায়। তাঁর মতে চুম্বক-সূচীর ঐ গতি কোন মুখী (direction of deflection of needle) অর্থাৎ বিক্ষিপ্ত চুম্বক-সূচীটি তার স্বাভাবিক অবস্থান (usual position) থেকে কোন দিকে বিক্ষিপ্ত হয়, তা নির্ভর করে নিম্নলিখিত কারণদ্বয়ের উপর ঃ—

১। কারেণ্ট প্রবাহযুক্ত তারটি চুম্বক সূচীর কোন দিকে অবস্থিত অর্থাৎ চুম্বক-সূচীর উপরের দিকে না নীচের দিকে।

২। তারের মধ্য দিয়ে কারেণ্ট কোন দিকে প্রবাহিত হয়।

তিনি দেখতে পেয়েছিলেন যে, তার ও চুম্বক-সূচীকে সমান্তরালে রেখে তারের মধ্য দিয়ে কারেণ্ট প্রবাহের ব্যবস্থা

করলেই চুম্বক-সূচীটি নিজে থেকেই বিক্ষিপ্ত হয়ে যায় এবং তার ও চুম্বক-সূচী উভয়ে সমকোণ ভাবে অবস্থিত হয়, আর কারেণ্ট প্রবাহ দিক পরিবর্ত্তন করলে চুম্বক-সূচীটিও দিক পরিবর্ত্তন করে। এ থেকে তিনি এই সিদ্ধান্তে উপনীত হন

হ্যানস ক্রীশ্চিয়ন অরষ্টেড

১৭৭৭—১৮৫১

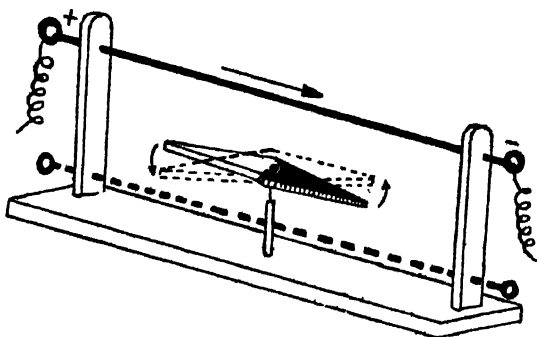
যে, বিদ্যুৎ প্রবাহের (ইলেক্‌ট্রিক কারেণ্ট) সাথে চুম্বক-শক্তির পারস্পরিক সম্পর্ক আছে।

বিদ্যুৎ-শাস্ত্রে এই সম্পর্কের (magnetic effects of a current) নামই **ইলেকট্রোম্যাগনেট** (Electromagnet) এবং এই পরীক্ষাকেই বলা হয় * **অরষ্টেডের পরীক্ষা**।

---

* A magnet tends to set itself at right angles to a wire carrying an electric current.

এ্যাম্পিয়ারের নিয়ম (Ampere's Rule)—অরষ্টেডের আবিষ্কারের কিছুকাল পরে এই অরষ্টেডের পরীক্ষার উপর ভিত্তি করেই ফরাসী দেশের **এ্যাম্পিয়ার**, কারেন্ট প্রবাহের ফলে চুম্বক-সূচীর গতি (direction of deflection of needle) সম্বন্ধে আর একটি নূতন নিয়ম আবিষ্কার করেন। তিনি পরীক্ষা-মূলকভাবে দেখান যে—

"খানিকটা তার ও একটি চুম্বক-সূচীকে উত্তর দক্ষিণে সমান্তরাল ভাবে রেখে যদি ঐ তারের মধ্য দিয়ে উত্তর থেকে

৬৭নং চিত্র—অরষ্টেডের পরীক্ষা।

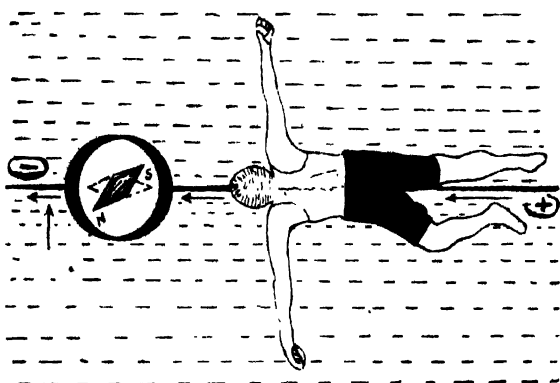
দক্ষিণে কারেণ্ট প্রবাহিত করা যায় তাহলে চুম্বক-সূচীর উত্তর মেরু (N) পূর্ব্বে এবং দক্ষিণ মেরু (S) পশ্চিমে বিক্ষিপ্ত হয়।

তাঁর মতেঃ—

নদীর স্রোত বা জলপ্রবাহের মধ্য দিয়ে মানুষ যেমন সাঁতার কেটে চলে তেমনি মানুষ যদি ৬৮নং চিত্রের ন্যায় তারের মধ্যদিয়ে কারেণ্ট যে দিকে প্রবাহিত হচ্ছে সেই দিকে সাঁতার কেটে যেতে পারতো তাহলে দেখা যেতো, তারের

দিয়ে অবস্থিত কম্পাসের চুম্বক-সূচীর N পোল, কারেন্ট প্রবাহের ফলে মানুষের বাঁ হাতের দিকে বিক্ষিপ্ত হয়ে যায়।

তাঁর এই আবিষ্কারকে বলা হয় **এ্যাম্পিয়ারের নিয়ম বা *এ্যাম্পিয়ারস্ রুল** (Ampere's Rule)।

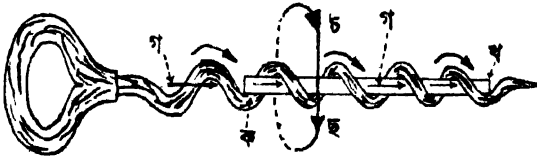
পূর্ব্বের ম্যাগনেটিক ফিল্ডের বেলায় আমরা দেখেছি ৬৩, ৬৪ ও ৬৫নং চিত্রের ন্যায় লাইন্স অব ফোর্স তারের চতুষ্পার্শ্বে বৃত্তাকারে ঘুরে বেড়ায়। এখন দেখা যাক, তারা কোন দিকে বেষ্টন করে।

৬৮নং চিত্র—এ্যাম্পিয়ার রুলকে চিত্রের সাহায্যে তুলনা মূলকভাবে অঙ্কন করা হয়েছে।

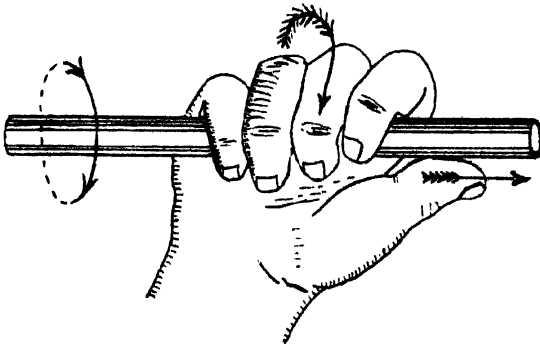
ম্যাগনেটিক লাইন্স অব ফোর্সের গতি (direction) সম্বন্ধে ম্যাক্সওয়েল পরীক্ষামূলকভাবে দেখিয়েছেন যে—

"৬৯নং চিত্রের ন্যায় একটা কর্ক-স্ক্রুকে (Cork-Screw) ডানদিকে

---

* If a man could swim in a conductor with the current, then the north pole of a magnetic needle placed directy ahead of him will be deflected to the left, while the south pole will be urged to the right.

ঘোরালে মনে হয় যেন স্ক্রুটি সামনের দিকে (চিত্রে "গ" চিহ্নিত দিকে) এগিয়ে-যাচ্ছে আর বাঁ দিকে ঘোরালে মনে হয় যেন পিছনের দিকে সরে আসছে। সেইরূপ ৬৯নং চিত্রের ন্যায় "ক" "খ" চিহ্নিত তারের মধ্য দিয়ে যদি "ক" থেকে "খ"-এর দিকে কারেণ্ট প্রবাহিত হয় তাহলে চিত্রের "গ" চিহ্নিত তীর চিহ্নের দিকে স্ক্রুটিকে ঘোরালে "চ"-"ছ" দিকে ম্যাগনেটিক লাইন্স তারটিকে বেষ্টন করবে, আবার "খ" "ক" দিকে কারেণ্ট প্রবাহিত হলেও সেই অনুযায়ী স্ক্রুকে বাঁদিকে ঘোরালে "ছ"-"চ" দিকে ম্যাগনেটিক লাইন্স তারকে বেষ্টন করবে"।

৬৯নং চিত্র—ম্যাক্সওয়েলের কর্ক-স্ক্রু রুল।

এই সূত্রটিকে বলা হয় **ম্যাক্সওয়েলের কর্ক-স্ক্রু রুল** (Maxwell's Corkscrew rule)।

৭০নং চিত্র—ফ্লেমিং-এর রাইট হ্যাণ্ড রুল।

এক্ষেত্রে কর্ক-স্ক্রুটি ঘোরানর ফলে যেদিকে এগোবে সেটাই হচ্ছে তারের মধ্য দিয়ে কারেণ্ট প্রবাহের গতি আর স্ক্রুটি যেদিকে ঘুরবে সেটা হচ্ছে লাইন্স অব ফোর্সের বেষ্টন।

এ ছাড়াও আর এক প্রকারে ম্যাগনেটিক লাইন্স অব ফোর্সের গতি নির্ণয় করা যায়। যেমন—

একটা তারের মধ্য দিয়ে ইলেকট্রিক কারেণ্ট প্রবাহিত করে, যে দিকে কারেণ্ট প্রবাহিত হচ্ছে সেইদিকে বুড়ো আঙ্গুল রেখে ৭০নং চিত্রের ন্যায় ডান হাত দিয়ে তারটিকে মুঠো করে ধরলে দেখতে পাব, অন্যান্য আঙ্গুলগুলি যে দিকে বেষ্টন করে আছে ম্যাগনেটিক লাইন্স অব ফোর্সও তারটিকে সেইদিকে বেষ্টন করে আছে*। এক্ষেত্রে তারটিকে ডান হাত দিয়ে মুঠো করে ধরা অবস্থায় হাতের বুড়ো আঙ্গুলটি হচ্ছে তারের মধ্যদিয়ে প্রবাহিত কারেণ্টর দিক নির্দ্দেশক, আর অন্যান্য আঙ্গুলগুলি লাইন্স অব ফোর্সের গতি নির্দ্দেশক।

৭১নং চিত্র—ইলেকট্রোম্যাগনেট।

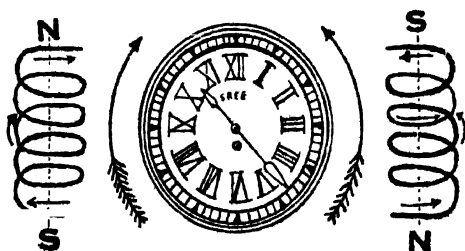
এই সূত্রটিকে বলা হয় **ফ্লেমিংএর রাইট হ্যাণ্ড রুল** (Fleming's Right Hand Rule)।

ইলেকট্রোম্যাগনেট (Electromagnet)—একটা কাঁচা লোহার (Soft iron) বার ম্যাগনেটের উপর ৭১নং চিত্রের ন্যায় যদি খানিকটা এনামেল কোটিং যুক্ত তার জড়ান যায় তাহলে দেখা যাবে, তারের মধ্য দিয়ে কারেণ্ট প্রবাহের সঙ্গে সঙ্গে লৌহটি চুম্বক-শক্তি প্রাপ্ত হয়েছে, আর প্রবাহ বন্ধ করে দিলেই চুম্বকত্ব নষ্ট হয়ে গেছে। তাহলে এখন এই বলা যায় যে, যখন কুণ্ডলী আকারে জড়ান সমস্ত তারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেণ্ট প্রবাহের ফলেই চুম্বক-শক্তির

---

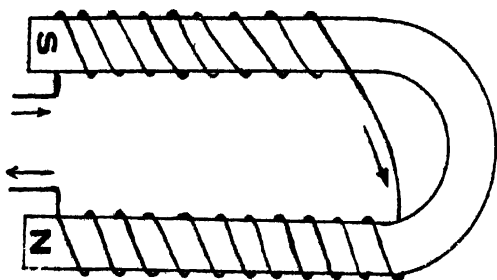
* এথেকে প্রমাণিত হয় যে, যখন কারেণ্ট প্রবাহ তার দিক পরিবর্ত্তন করে তখন ম্যাগনেটিক ফিল্ডও তার গতি পরিবর্ত্তন করে।

হয় তখন নিশ্চয়ই এক একটা পাকে (Turn) এ উৎপন্ন ম্যাগনেটিক ফিল্ডের সমষ্টির (sum of all the field produced by the turns) উপরই এর শক্তি (Intensity or strength) নির্ভর করে। অর্থাৎ দুই পাকের (Turn) চুম্বক-শক্তি, এক পাকে উৎপন্ন চুম্বক-শক্তির সমষ্টির দ্বিগুণ, তিন পাকে তিনগুণ, চার পাকে চারগুণ ইত্যাদি।

এই কুণ্ডলী আকারে জড়ান তারকে বলা হয় **কয়েল** (Coil)। আর একটি লৌহদণ্ডকে ঐ কয়েলের মধ্যে প্রবিষ্ট করিয়ে কারেণ্ট প্রবাহের সাহায্যে চুম্বক প্রাপ্তির নামই হচ্ছে বৈদ্যুতিক চুম্বক বা **ইলেকট্রোম্যাগনেট**।

৭২নং চিত্র—ইলেকট্রোম্যাগনেটের পোল বা মেরু নির্ণয়ের কাজে ক্লক-রুলের ব্যবহার।

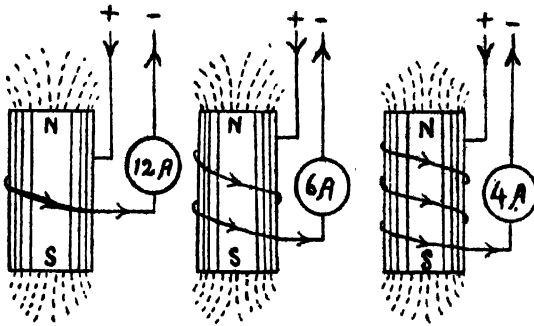
পূর্ব্বেই বলেছি, এই ইলেকট্রোম্যাগনেট তৈরী করতে কাঁচা লোহার দরকার হয়। কেননা, ইস্পাত কিম্বা অন্য লোহা ব্যবহার করলে তা স্থায়ী চুম্বক বা পারমানেণ্ট ম্যাগনেটে পরিণত হয়। সাধারণত ম্যাগনেটের মত এদেরও দুটো পোল বা মেরু হয়। ম্যাগনেটের কোন্ প্রান্ত কোন্ পোল হবে। তা নির্ভর করে কয়েলের মধ্য দিয়ে কারেণ্ট কোন্ দিকে প্রবাহিত হচ্ছে তার উপর। ৭২নং চিত্রের ন্যায় কয়েলের প্রান্তের দিকে লক্ষ্য করলে যদি দেখা যায় যে,

কারেণ্ট ঘড়ীর কাঁটার মত দক্ষিণ দিকে (Clockwise direction) ঘুরছে, তাহলে ম্যাগনেটের ঐ প্রান্ত হবে দক্ষিণ মেরু বা S পোল। আর যদি দেখা যায় যে, বাম দিকে (Anti-Clockwise) ঘুরছে তাহলে তাকে বলা হলে উত্তর মেরু বা N পোল। সেই জন্য হর্স স্যু আকৃতির ইলেকট্রোম্যাগনেট গঠন করতে ৭৩নং চিত্রের ন্যায় তার দুই বাহুর উপরকার কয়েলদ্বয় বিপরীত দিকে জড়ান থাকে।

পূর্ব্বেই বলেছি তারের মধ্য দিয়ে কারেণ্ট প্রবাহের পরিমাণের উপরই ম্যাগনেটিক ফিল্ড নির্ভর করে। অতএব

৭৩নং চিত্র—হর্স-স্যু ইলেকট্রোম্যাগনেটের দুবাহুর উপর পরস্পর বিপরীত দিকে জড়ান কয়েল।

কয়েলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেণ্টের পরিমাণ যদি বৃদ্ধি করা যায় তাহলে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ফিল্ডের শক্তি (Intensity of the field of an electromagnet) বৃদ্ধি পাবে। আবার এনামেল কোটিং যুক্ত তারকে কুণ্ডলী (Turn) করে জড়িয়ে কয়েল প্রস্তুত করে যখন ইলেকট্রোম্যাগনেটের ফিল্ড সৃষ্টি হয়, তখন কয়েলের পাক সংখ্যা (number of turns) কে বাড়ালে ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ফিল্ডের শক্তিও (Intensity) বেড়ে যাবে। কাজে কাজেই দেখা যাচ্ছে,

ইলেকট্রোম্যাগনেটিক ফিল্ডের শক্তি নির্ভর করছে প্রথমতঃ কয়েলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত এ্যাম্পিয়ার হিসাবে কারেন্টের উপর, আর কয়েলের পাক সংখ্যার উপর। এক কথায় যাকে বলা হয় * **এ্যাম্পিয়ার টার্ণস্** (Ampere-turns) এর উপর।

যেমন ৭৪, ৭৫ ও ৭৬নং চিত্রে দেখান হয়েছে যে, প্রথম কয়েলের তারের পাক-সংখ্যা ১ আর কারেন্ট ১২ এ্যাম্পিয়ার—অতএব এ্যাম্পিয়ার-টার্ণস্ হবে ১ X ১২ = ১২ এ্যাম্পিয়ার-টার্ণস্।

৭৪, ৭৫, ৭৬নং চিত্র—ইলেকট্রোম্যাগনেটের এ্যাম্পিয়ার টার্ণস্।

দ্বিতীয় কয়েলে ২ পাক X ৬ এ্যাম্পিয়ার = ১২ এ্যাম্পিয়ার-টার্ণস্। তৃতীয় কয়েলে ৩ পাক X ৪ এ্যাম্পিয়ার = ১২ এ্যাম্পিয়ার-টার্ণস্। কাজে কাজেই দেখা যাচ্ছে, প্রত্যেকটি কয়েলের বেলায়ই এ্যাম্পিয়ার আর তারের পাক-সংখ্যাকে গুণ করলে গুণফল ১২ হচ্ছে। ফলে ঐ গুণফলই হচ্ছে এ্যাম্পিয়ার টার্ণস্।

---

* *The product of the current passing through the coil multiplied by the number of turns composing the coil is called the ampere turns.*

Test Questions

1. *What is a lodestone and where it was first discovered ?*
2. *What are the natural magnet and artificial magnet ? Is magnetit a natural magnet or an artificial magnet ?*
3. *What metal would you use to make a permanent magnet ?*
4. *What is an armature and why it is used with artificial magnet ?*
5. *How a piece of hard steel is permanently magnetised by means of another magnet ?*
6. *In what regions, is the magnetism strongest, of a long shaped magnet or bar.magnet and what this regions are called ?*
7. *How are magnetic poles designated, and what is the feature of each ?*
8. *Describe a simple experiment to show that there are two kinds of magnetic poles.* (C. U.—194I)
9. *What do you find when the South pole of a magnet is brought near the north pole of another magnet ?*
10. *State the laws of magnetic attraction and repulsion.*
11. *Define a unit magnetic pole.* (All U.—'31, C. U—31;43)
12. *What do you mean by Magnetic Lines of force ?*
    (C. U. 1023, '43 . Pat. U. 1929, Dac—1931)
13. *What is a magnetic circuit ?*
14. *Define magnetic flux, and explain how it is measured.*

15. *What is the maxwel ?*
16. *What is the name we give to the opposition offered by any magnetic substance to the passage of magnetic lines of force ?*
17. *What is the oerested ?*
18. *Describe the magnetic field in the neighbourhood of a long straight conductor carrying a current and show how you would verify your description.* (Pat U.—1932)
19. *Upon what two factors the direction of deflection of a needle depend ?*
20. *Describe the simple experiment of oersted's discovery.*
21. *Define the ampare's rule ; corkscrew rule ; and flemings right hand rule.*
22. *In what direction will the north pole of a magnetic needle be difected, if it held above a current flowing from north to south ?*
23. *Explain the construction of an electromagnet.*
(C. U.—1923)
24. *How would you make an electromagnet ? What kind of material is most suitable for its core and why ?*
(U. P. B.—1939 , Pat. U. 1929)
25. *How could you determine the poles of an electromagnet ?*
26. *Define amper-turns.*
27. *What is a solenoid ?*
28. *Is solenoid a permanent magnet or a temporary magnet ?*
29. *What are the properties of a solenoid ?*
30. *How does the magnetic strength of a solenoid vary ?*

পঞ্চম অধ্যায়

ওম-সূত্র

(Ohm's Law)

ইলেকট্রিসিটির তিনটি মূল শক্তি, যথা—**প্রেসার, কারেণ্ট ও রেজিষ্ট্যান্স**। এদের সম্বন্ধে পূর্ব্বে আলোচনা করা হয়েছে, এবং এও বলা হয়েছে যে প্রত্যেকের সাথে প্রত্যেকের পারস্পরিক সম্পর্কের পরিমাপ নির্ণয়ের জন্য প্রত্যেকের একটি করে একক বা ইউনিট নির্দ্দিষ্ট করা হয়, যেমন—

ভোল্ট হচ্ছে ইলেকট্রিক্যাল **প্রেসার**-এর **একক**
এ্যাম্পিয়ার হচ্ছে ইলেকট্রিক্যাল **কারেণ্ট**-এর **একক**
ওম্ হচ্ছে ইলেকট্রিক্যাল **রেজিষ্ট্যান্স**-এর **একক**

১৮২৭ সালে জার্ম্মাণ গণিতবিদ্ **জর্জ সাইমন ওম্** (George Simon Ohm) অঙ্ক শাস্ত্রের মাধ্যমে সর্ব্বপ্রথম, সার্কিটের এই তিনটি মূল শক্তির অর্থাৎ ভোল্টেজের সাথে কারেণ্টের, কারেণ্টের সাথে রেজিষ্ট্যান্সের ও রেজিষ্ট্যান্সের সাথে ভোল্টেজের পারস্পরিক সম্পর্ক নির্ণয় করেছিলেন বলেই তাঁর নামানুসারে **ওম্-সূত্রের** (Ohm's Law) নামকরণ হয়েছে।

ওম্-সূত্রটি হলো : "একটি পরিবাহী পদার্থের তাপমাত্রা নির্দ্দিষ্ট থাকা অবস্থায় যদি তার দুই প্রান্তে বৈদ্যুতিক চাপের (ভোল্টেজ) মাত্রা বৈষম্য (Potential Difference) সৃষ্টি করা হয়, তাহলে ঐ পরিবাহী পদার্থের মধ্যে যে বৈদ্যুতিক প্রবাহ (কারেণ্ট) উৎপন্ন হবে, সেই প্রবাহ শক্তিকে দিয়ে বৈদ্যুতিক চাপমাত্রাকে ভাগ করলে ভাগফল একটা ধ্রুবক (Constract) হবে।"

অর্থাৎ একটি তারের দুই প্রান্তে ইলেকট্রিক্যাল প্রেসার বা ভোল্টেজ সৃষ্টির ফলে যে ইলেকট্রিক্যাল কারেন্ট উৎপন্ন হয় সেই কারেন্ট দিয়ে ইলেকট্রিক্যাল ভোল্টেজকে ভাগ করলে যে ভাগফল হবে সেটাই হলো ঐ পরিবাহী পদার্থের

জর্জ সাইমন্ ওম্
১৭৮৭ ১৮৫৪

(তারযুক্ত সার্কিটের) রোধ বা রেজিষ্ট্যান্স, এবং ঐ সার্কিটের পক্ষে এই অবস্থাটাই এখানে ধ্রুবক বা Constant।

এই সূত্রটিকে সহজভাবে লিখলে হয়—

$$\text{রেজিষ্ট্যান্স} = \frac{\text{ভোল্টেজ}}{\text{কারেন্ট}}$$

পুনরায় সূত্রটিকে আরও সংক্ষেপে প্রকাশ করা চলে কিন্তু তার জন্য সংক্ষিপ্ত চিহ্ন (Symbol) বা সংখ্যার সাহায্য নেওয়া হয়। যেমন—

ভোল্টেজ	=	ভোল্ট	=	E
কারেন্ট	=	এ্যাম্পিয়ার	=	I
রেজিষ্ট্যান্স	=	ওম্	=	R

এখানে E হচ্ছে Electromotive force কথাটার প্রথম অক্ষর যা সাধারণতঃ ভোল্টেজ বা প্রেসারকেই বুঝিয়ে থাকে; যখন তার একক জানা না থাকে। I হচ্ছে Intensity of current কথাটার প্রথম অক্ষর, তবে অনেক সময় I এর বদলে C অক্ষরটাও ব্যবহৃত হয়। আর R হচ্ছে Resistance কথার প্রথম অক্ষর, কাজে কাজেই সূত্রটি এইরূপ হয়—

$$\text{রেজিষ্ট্যান্স} = \frac{\text{ভোল্টেজ}}{\text{কারেণ্ট}} \text{ সংক্ষেপে হয় } R = \frac{E}{I}$$

তাহলে মোটের উপর আমরা ওম্ সূত্রটিকে সংক্ষেপে পেলাম—

$$R = \frac{E}{I} \text{.........................(i)}$$

[অর্থাৎ সার্কিটের ভোল্টেজকে কারেণ্ট বা প্রবাহ শক্তি দিয়ে ভাগ করলে ঐ সার্কিটের রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ নির্দ্ধারণ করা যায়।]

এই সূত্রটিকে আরও দুইভাবে প্রকাশ করা যায় যেমন—

$$I = \frac{E}{R} \text{...............................(ii)}$$

$$E = I \times R \text{.........................(iii)}$$

এক্ষেত্রে—

(ii) $I = \frac{E}{R}$ হচ্ছে, কারেণ্ট $= \frac{\text{ভোল্টেজ}}{\text{রেজিষ্ট্যান্স}}$

[অর্থাৎ সার্কিটের বৈদ্যুতিক চাপ বা ভোল্টেজকে সার্কিটের রোধ বা রেজিষ্ট্যান্স দিয়ে ভাগ করলে ঐ সার্কিটের প্রবাহ শক্তি বা কারেণ্ট কত তা জানা যায়।]

(iii) $E=I\times R$ হচ্ছে, ভোল্টেজ = কারেণ্ট × রেজিষ্ট্যান্স।

[অর্থাৎ সার্কিটের প্রবাহ-শক্তি বা কারেণ্টকে রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ দিয়ে গুণ করলে ঐ সার্কিটের বৈদ্যুতিক চাপ বা ভোল্টেজ কত তা জানতে পারা যায়।]

ওম্-সূত্র শিক্ষা—ওম্-সূত্রকে ভালভাবে মনে রাখবার জন্য ৮১নং চিত্রে একটি সহজ উপায় দেখান হয়েছে।

৮১নং চিত্র সহজে ওম্-সূত্র নির্ণয়ের সংক্ষিপ্ত চিত্র।

আমরা জানি কোন সার্কিটের ভোল্টেজ, কারেণ্ট ও রেজিষ্ট্যান্স এই তিন প্রকার শক্তির মধ্যে যে কোন দুইটি জানা থাকলে অপরটি ওম্-সূত্র দ্বারা বার করে নেওয়া যায়।

এখন অপরটি অর্থাৎ যে শক্তিটি আমাদের জানা নাই, সেই শক্তির পরিবর্তে ব্যবহৃত সংক্ষিপ্ত সংখ্যা (যেমন E, I, R) ৮১নং চিত্রে অঙ্কিত অনুরূপ সংখ্যাকে নিজের যে কোন একটি আঙ্গুল দিয়ে চাপা দিলে প্রয়োজনীয় সূত্রটি পাওয়া যায়। যেমন—

উদাহরণ ১—কোন সার্কিটের মধ্যকার রেজিষ্ট্যান্স হচ্ছে ৪ ওম্‌স্ এবং সার্কিটের ভোল্টেজ বলে দেওয়া আছে ৮ ভোল্ট। এখন ঐ সার্কিটের কারেন্ট কত তা বার করতে হবে।

আমরা জানি কারেন্টের পরিবর্ত্তে ব্যবহৃত সংক্ষিপ্ত সংখ্যা I, যদি ৮২নং চিত্র অনুযায়ী I—কে আঙ্গুল দিয়ে চাপা দিই তাহলে পূর্ব্বের ন্যায় সূত্রটি দেখতে পাব—

$$\frac{E}{R} = \frac{৮}{৪} = ২ \text{ এ্যাম্পিয়ার।}$$

আর ভোল্টেজ বার করতে হলে ৮৩নং চিত্রটি ব্যবহার করবো যেমন—

উদাহরণ ২—একটি ১০ ওম্‌স্ যুক্ত সার্কিটের মধ্য দিয়ে ২ এ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহের জন্য কত ভোল্ট চাপের দরকার?

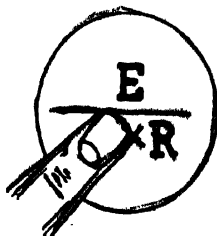
ভোল্টেজের পরিবর্ত্তে ব্যবহৃত সংক্ষিপ্ত সংখ্যা আমরা জানি E, কাজে কাজেই ৮৩নং চিত্রের ন্যায় E-কে চাপা দিলে সূত্রটি দেখতে পাব—

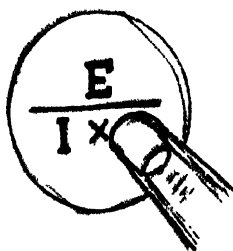
$$I \times R = ২ \times ১০ = ২০ \text{ ভোল্ট।}$$

পুনরায় যদি সার্কিটের রেজিষ্ট্যান্স বার করতে হয় তাহলে ৮৪নং চিত্রের ন্যায় হবে। যেমন—

উদাহরণ ৩—একটি কন্‌ডাক্টর বা তারের দুই প্রান্তে একটি ৯০ ভোল্ট চাপ বিশিষ্ট ব্যাটারী যুক্ত করার ফলে যদি

১০ এ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট প্রবাহিত হয় তাহলে, ঐ তারের মধ্যকার রেজিষ্ট্যান্স কত হবে?

রেজিষ্ট্যান্সের পরিবর্তে ব্যবহৃত সংক্ষিপ্ত সংখ্যা R কাজে

৮২নং চিত্র—কারেণ্ট

৮৩নং চিত্র—ভোল্টেজ

৮৪নং চিত্র—রেজিষ্ট্যান্স

ওম্-সূত্রের যথাক্রমে কারেণ্ট ভোল্টেজ ও রেজিষ্ট্যান্স নির্ণয়ের সূত্রগুলি নির্ভুল ভাবে মনে থাকার সহজ উপায়।

কাজেই ৮৪নং চিত্র অনুযায়ী R-কে চাপা দিলেই সূত্র পাব-

$$\frac{E}{I} = \frac{৯০}{১০} = ৯ \text{ ওম্‌স্।}$$

এখানে একটি কথা বিশেষভাবে মনে রাখতে হবে যে, ওম্-সূত্রে ব্যবহৃত এককগুলি (units) হচ্ছে ভোল্ট, ওম্‌স্ ও এ্যাম্পিয়ার। তাই যদি কারেণ্টকে মিলি-এ্যাম্পিয়ারে

প্রকাশ করা থাকে তবে প্রথমেই তাকে এ্যাম্পিয়ারে নিয়ে যেতে হবে। যদি রেজিষ্ট্যান্সকে মেগ্ বা কিলো-ওম্সে আর ভোল্টকে মিলি-ভোল্ট বা কিলো-ভোল্টে প্রকাশ করা থাকে, তবে প্রথমেই তাকে যথাক্রমে ওম্স্ ও ভোল্টে নিয়ে আসতে হবে।

রেডিওর কাজে কারেন্টকে প্রায়ই মিলি-এ্যাম্পিয়ারে প্রকাশ করা থাকে, ফলে প্রথম শিক্ষার্থীরা মিলি-এ্যাম্পিয়ারকে এ্যাম্পিয়ারে পরিবর্ত্তিত না করে মিলি-এ্যাম্পিয়ার বসিয়ে ওম্-সূত্রের প্রথমেই ভুল করে বসেন। কিন্তু পরিবর্ত্তনের নিয়ম একেবারেই সোজা। মিলি-এ্যাম্পিয়ারকে এ্যাম্পিয়ারে

$$\text{এ্যাম্পিয়ার} = \frac{\text{মিলি এ্যাম্পিয়ার}}{১০০০}$$

১৫ মিঃ এঃ = ·০·১·৫ = ·০১৫ এ্যাম্পিয়ার

৮৫নং চিত্র—মিলি-এ্যাম্পিয়ারকে পরিবর্ত্তিত করার সহজ নিয়ম।

পরিবর্ত্তন করতে হলে মিলি-এ্যাম্পিয়ারকে এক হাজার (১০০০) দিয়ে ভাগ করতে হয়। আর একটি খুব সহজ ও দ্রুত পরিবর্ত্তন করার নিয়ম আছে। সেটা হচ্ছে—দশমিক বিন্দুকে (Decimal Point) সংখ্যার ডান দিক থেকে বাম দিকে তিন ঘর এগিয়ে নিয়ে যেতে হয়। উদাহরণ দিয়ে বুঝালে বিষয়টি আরও পরিষ্কার হবে :—

উদাহরণ ১—১৫ মিলি-এ্যাম্পিয়ার কারেন্ট কত এ্যাম্পিয়ার কারেন্টের সমান? এখানে ৮৫নং চিত্র অনুযায়ী ১৫ এই সংখ্যার শেষ সংখ্যা ৫-এর ডান দিক থেকে দশমিককে বাম দিকে

তিন ঘর এগিয়ে নিয়ে গেলেই সংখ্যাটি হবে '০১৫ এ্যাম্পিয়ার (এক এ্যাম্পিয়ায়ের এক হাজার ভাগের ১৫ ভাগ)।

নিম্নে কতকগুলি ফলাফল দেওয়া হলো :—

৫	মিলি-এ্যাম্পিয়ার		=	'০০৫	এ্যাম্পিয়ার
'৫	,,	,,	=	'০০০৫	,,
৫০	,,	,,	=	'০৫	,,
১০০	,,	,,	=	'১	,,
১১'৫	,,	,,	=	'০১১৫	,,

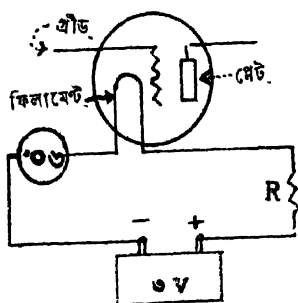
আর রেজিষ্ট্যান্স যদি মেগ্-ওম্‌সে প্রকাশ করা থাকে তাকে ওম্‌সে নিয়ে আসতে হলে এক মিলিয়ন (দশ লক্ষ) দিয়ে গুণ করতে হয়। আর সহজ পদ্ধতিতে করতে গেলে পূর্ব্বের ন্যায় দশমিক সংখ্যাকে তিন ঘরের বদলে ছয় ঘর এগিয়ে নিয়ে যেতে হয়। কিন্তু এবারে বাম দিকের শেষ সংখ্যা থেকে ডান দিকে এগিয়ে নিয়ে যেতে হয়, যেমন :—

২	মেগ্-ওম্‌স্		=	২,০০০,০০০	ওম্‌স্
১'৫	,,	,,	=	১,৫০০,০০০	,,
'৫	,,	,,	=	৫০০,০০০	,,
'০৫	,,	,,	=	৫০,০০০	,,

ওম্-সূত্রের ব্যবহার—এই সূত্রগুলি ভাল ভাবে আয়ত্ত করা দরকার, কারণ যে কোন বৈদ্যুতিক কাজে এদের প্রয়োগ অত্যন্ত ব্যাপক ও অপরিহার্য্য। তাই সূত্রগুলি অভ্যাসের জন্য কয়েকটি অঙ্ক করে দেখান হচ্ছে :—

উদাহরণ ১—একটি তিন ভোল্ট-বিশিষ্ট ব্যাটারী, আর একটি ৩০ নম্বরের রেডিও টিউব দিয়ে যদি বলা হয় যে,

ঐ ব্যাটারীর সাহায্যে টিউবের ফিলামেণ্টটি জ্বালাতে হবে, তা হলে আমাদের কোন সূত্র প্রয়োগ করতে হবে ?

প্রথমেই দেখতে হবে ৩০নং টিউবটির ফিলামেণ্ট ভোল্টেজ আর ফিলামেণ্ট কারেণ্ট কত? টিউব ম্যানুয়াল থেকে দেখা গেল ফিলামেণ্ট ভোল্টেজ ২ ভোল্ট আর কারেণ্ট ৬০ মিলি-এ্যাম্পিয়ার। কিন্তু আমাদের হাতে তিন ভোল্টেজ ব্যাটারী দেওয়া হয়েছে। তা হলে এক ভোল্ট আমাদের বেশী হচ্ছে। সেই এক ভোল্টকে রেজিষ্ট্যান্সের সাহায্যে নষ্ট করতে হবে (কমাতে হবে)।

৮৬নং চিত্র—।

অতএব $R = \frac{E}{I}$ এই সূত্র প্রয়োগ করতে হবে।

তাহলে প্রথমেই আমাদের মনে মনে চিন্তা করতে হবে যে—কি আমাদের বার করতে হবে আর সেজন্য কি কি উপকরণ (data) আমাদের প্রয়োজন। এর প্রত্যেকটিই আমরা পেয়েছি, যেমন—

(i) ৮৬নং চিত্রে অঙ্কিত সার্কিটের R-এর (রেজিষ্ট্যান্সের) পরিমাণ (Value in Ohms) নির্ণয় করতে হবে।

(ii) ঐ রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেণ্ট ·০৬ এ্যাম্পিয়ার (৬০ মিলি-এ্যাম্পিয়ার) ও ভোল্টেজ হচ্ছে ১ ভোল্ট।

(iii) সার্কিটের ঐ এক ভোল্টকে আমাদের নষ্ট করতে হবে।

তা হলে সূত্র হচ্ছে—

$$R = \frac{E}{I} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (i)$$

এখন E-কে ও I-কে পরিবর্ত্তন করলে সূত্রটি দাঁড়ায় এই :—

$$R = \frac{\text{১ ভোল্ট}}{\text{·০৬ এ্যাম্পিয়ার}}$$

= ৬) ১০০ (১৬·৬৬ ওম্‌স্
৬
—
৪০
৩৬
—
৪০
৩৬
—
৪০

∴ R = ১৬·৬৬ ওম্‌স্

উদাহরণ ২—আবার যদি ৮৬নং চিত্রে অঙ্কিত সার্কিটে ব্যবহৃত টিউবের ফিলামেণ্ট ভোল্টেজ ২ ভোল্ট ও কারেণ্ট ·০৬ এ্যাম্পিয়ার (৬০ মিলি এ্যাম্পিয়ার) হয়, তাহলে টিউবের আভ্যন্তরীণ ফিলামেণ্ট রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ কত?

সূত্র অনুযায়ী ঃ—

$$R = \frac{E}{I} = \frac{২}{'০৬}$$

R = ৬) ২০০ (৩৩'৩৩ ওম্‌স্

১৮

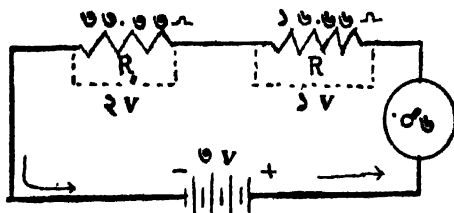
২০

১৮

২০

১৮

২০

∴ টিউবের ফিলামেণ্ট রেজিষ্ট্যান্স = ৩৩'৩৩ ওম্‌স্।

৮৭নং চিত্র।

তাহলে ৮৬নং চিত্রের সার্কিটটি ৮৭নং চিত্রের ন্যায় অঙ্কণ করতে পারি। এ থেকে জানতে পারা গেল, সার্কিটের মোট রেজিষ্ট্যান্স হচ্ছে (১৬'৬৬+৩৩'৩৩) ৪৯'৯৯ ওম্‌স (সাধারণত ৪৯'৯৯ ওম্‌স্‌কে ৫০ ওম্‌স্ ধরা হয়ে থাকে)। কারেণ্ট '০৬ এ্যাম্পিয়ার (৬০ মিলি এ্যাম্পিয়ার) আর ভোল্টেজ হচ্ছে ৩ ভোল্ট। কিন্তু যদি এই সার্কিটের কারেণ্টের পরিমাণ জানা না থাকে, যেমন—

উদাহরণ ৩—৮৭নং চিত্রে অঙ্কিত সার্কিটের ভোল্টেজ আর রেজিষ্ট্যান্স জানা আছে যথাক্রমে ৩ ভোল্ট এবং ৫০ ওম্‌স্। ঐ সার্কিটের কারেন্টের পরিমাণ কত হবে?

সূত্রটি হচ্ছে—

$$I = \frac{E}{R} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (ii)$$

E-কে ও R-কে পরিবর্ত্তন করলে সূত্রটি দাঁড়ায়ঃ—

$$I = \frac{E}{R} = \frac{৩}{৫০}$$

$$= ৫০) ৩০০ (০৬$$

$$৩০০$$

∴ করেন্ট = ·০৬ এ্যাম্পিয়ার।

উদাহরণ ৪—আবার যদি সার্কিটের রেজিষ্ট্যান্স জানা থাকে ৫০ ওম্‌স এবং কারেন্ট ·০৬ এ্যাম্পিয়ার তাহলে কোন্ সূত্র প্রয়োগ করে ভোল্টেজের পরিমাণ জানা যাবে?

সূত্রটি হচ্ছেঃ—

$$E = I \times R \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (iii)$$

I-কে ও R-কে পরিবর্ত্তন করলে সূত্রটি দাঁড়ায় এইঃ—

$$E = I \times R = ০৬ \times ৫০ = ৩ \text{ ভোল্ট}$$

এই ভাবে সার্কিটের যে কোন দুইটি শক্তি জানা থাকলে ওম্-সূত্রের সাহায্যে তৃতীয়টি বার করে নেওয়া যায়। এতো

গেল একটি টিউবযুক্ত সার্কিটের বিষয়। এখন দেখা যাক্‌, রেডিও সেটে ব্যবহৃত চারটি বা পাঁচটি টিউব জানা থাকলে আর লাইন ভোল্টেজ বলে দেওয়া হলে কি ভাবে সার্কিটের রেজিষ্ট্যান্স ঠিক করতে হয়। তার আগে এই প্রসঙ্গে কয়েকটি প্রয়োজনীয় কথা বলে রাখা ভাল, যাতে পরে হিসাবের সুবিধা হবে। যেমন ঃ—

১। কোন সার্কিটের ভোল্টেজ নির্দ্দিষ্ট রেখে যদি রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ বাড়ান যায় তাহলে কারেণ্টের পরিমাণ কমে আসে ও রেজিষ্ট্যান্স কমালে কারেণ্ট বেড়ে যায়।

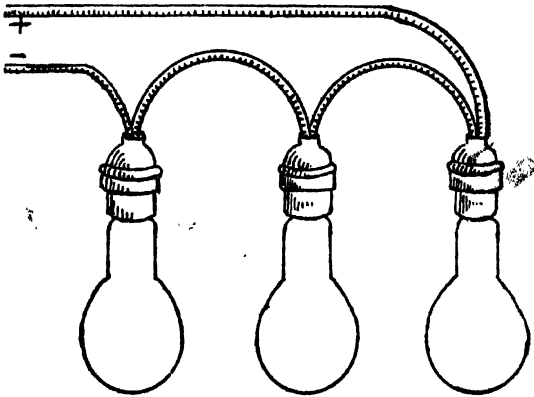
২। যদি কোন সার্কিটের রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ নির্দ্দিষ্ট রেখে ভোল্টেজ বাড়ান যায়, তবে সার্কিটের কারেণ্ট বৃদ্ধি পায় ও ভোল্টেজ কমালে কারেণ্ট কমে আসে।

৩। যদি কোন সার্কিটের ভোল্টেজ ও রেজিষ্ট্যান্স দুইই নির্দ্দিষ্ট পরিমাণে থাকে, তবে সার্কিটের কারেণ্টও নির্দ্দিষ্ট থাকে, তার কোন পরিবর্ত্তন ঘটে না।

৪। পূর্ব্বেই বলেছি, কোন সার্কিটের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেণ্টকে বাধা দেওয়ার ক্ষমতাকে বলা হয় রোধ। রোধ যে দেয় তাকে বলা হয় রেজিষ্ট্যান্স। আর রেজিষ্ট্যান্সের একক হচ্ছে ওম্‌স।

৫। একই সার্কিটের মধ্যে একাধিক রেজিষ্ট্যান্সের প্রয়োজন হতে পারে। রেজিষ্ট্যান্সগুলির বিভিন্ন রকমের সংযোগের ব্যবস্থা আছে। এই বিভিন্ন রকম সংযোগের ফলে সার্কিটের মধ্যে ভিন্ন ভিন্ন

পরিমাণ রেজিষ্ট্যান্সের সৃষ্টি হয়। প্রথমতঃ তিন রকম সংযোগ করা হয়, যেমন :—**সিরিজ-সংযোগ** (Series Connection) ও **প্যারালাল সংযোগ** (Parallel Connection) আর তৃতীয়টি এই দুইয়ের সমন্বয় অর্থাৎ **সিরিজ-প্যারালাল সংযোগ** (Series-Parallel Connection)।

সিরিজ-সংযোগ (Series Connection)—যদি দুই গাছা তার কিংবা তারের কয়েল (Coil) একটির পর একটি

৮৮নং চিত্র—সিরিজে সংযুক্ত ইলেকট্রিক বাল্‌ব।

জুড়ে দেওয়া যায়, তবে তাকে **সিরিজ-সংযোগ** করা বলে। ৮৮ নং চিত্রে সিরিজে যুক্ত তিনটি ইলেকট্রিক বাল্‌বকে (Electric lamp) অঙ্কন করে দেখান হয়েছে।

৮৭ নং চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব ৩৩·৩৩ ও ১৬·৬৬ ওমসের দুইটি রেজিষ্ট্যান্স একটার পর একটা জুড়ে দেওয়া হয়েছে। অর্থাৎ ব্যাটারীর পজিটিভ থেকে কারেণ্ট প্রথমে ১৬·৬৬ ওম্‌স্ রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে ও তারপর ঐ

কারেন্টই ৩৩'৩৩ ওম্‌স্ রেজিষ্ট্যান্সের মধ্যে প্রবেশ করছে এবং তারপর ব্যাটারীর নেগেটিভে ফিরে আসছে। তাহলে দেখা যাচ্ছে, সিরিজ সংযোগের বেলায় কারেন্ট মাত্র একটি পথই পায়—অর্থাৎ একই কারেন্ট প্রথমে একটি রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে গিয়ে তবে অন্যটিতে পৌঁছায়।

আমরা আগেই দেখেছি যে, কোন সার্কিটে ভোল্টেজ যদি নির্দ্দিষ্ট থাকে তবে ঐ সার্কিটে প্রবাহিত কারেন্টের পরিমাণ নির্ভর করে সার্কিটে ব্যবহৃত মোট রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণের উপর। তাহলে মোট রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ সার্কিটে ব্যবহৃত প্রত্যেকটি আলাদা আলাদা রেজিষ্ট্যান্সের যোগফলের সমান হবে। সূত্রাকারে লিখলে এইরূপ হয়:—

$$R = r_১ + r_২ + r_৩ + r_৪ \cdots\cdots\cdots \text{ইত্যাদি।}$$

এখানে R মানে সার্কিটের মোট রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ। আর $r_১$, $r_২$, $r_৩$ ইত্যাদি প্রত্যেক আলাদা আলাদা রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ।

এখন দেখা যাক্ ৮৭ নং চিত্রে অঙ্কিত ব্যাটারীর ঐ নির্দ্দিষ্ট ভোল্টেজ সার্কিটে ব্যবহৃত রেজিষ্ট্যান্সকে অতিক্রম করতে গিয়ে কি ভাবে নষ্ট হয়ে যাচ্ছে। পূর্ব্বে যেমন একটি উপমা দিয়ে বলা হয়েছিল যে, পথকে অতিক্রম করতে গিয়ে শক্তির ক্ষয় হয়, এখানেও ঠিক তাই; রেজিষ্ট্যান্সকে অতিক্রম করতে গিয়ে ভোল্টেজ বা চাপ শক্তির ক্ষয় হয়। অর্থাৎ প্রথম রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হতে গিয়ে ৮৭ নং চিত্রে অঙ্কিত ব্যাটারীর তিন ভোল্টের কিছুটা ক্ষয় হবেই। ফলে, যেখানে দ্বিতীয় রেজিষ্ট্যান্সের আরম্ভ, সেখানে আর ঠিক তিন ভোল্ট থাকে না, কিছুটা কমে গিয়ে কম ভোল্টেজের সৃষ্টি করে। এখানে বলে রাখা

জান যে—"রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে বৈদ্যুতিক প্রবাহ কারেণ্ট চালু রাখতে গিয়ে যে চাপ-শক্তির ক্ষয় হয়ে থাকে তাকে ভোণ্টেজ ড্রপ্ বলে। আর কতখানি ভোল্টেজ ড্রপ্ করলো তা নির্ভর করে সার্কিটের ভোণ্টেজ ও কারেণ্টের উপর।

তাহলে দেখা দেখা যাক্ ৮৭ নং চিত্রে ব্যবহৃত দুইটি রেজিষ্ট্যান্সের মধ্যে কোনটির উপর কতখানি ভোল্টেজ ড্রপ্ করছে।

আমরা জানি, সার্কিটে ব্যবহৃত বাটারীর ভোল্টেজ হচ্ছে তিন ভোল্ট আর প্রথম রেজিষ্ট্যান্স হচ্ছে ১৬'৬৬ ওম্স: দ্বিতীয়টি ৩৩'৩৩ ওম্স আর সমস্ত সর্কিট দিয়ে '০৬ এ্যাম্পিয়ার (৬০ মিলি এ্যাম্পিয়ার) কারেণ্ট প্রবাহ রয়েছে।

তাহলে প্রথম রেজিষ্ট্যান্সের ভোল্টেজ ড্রপ্ :—

$$E = I \times R$$

= '০৬ × ১৬ ৬৬

= '৯৯৯৬ ভোল্ট

(সাধারণতঃ এক ভোল্ট ধরা হয়)

আর দ্বিতীয় রেজিষ্ট্যান্সের ভোল্টেজ ড্রপ্ :—

$$E = I \times R$$

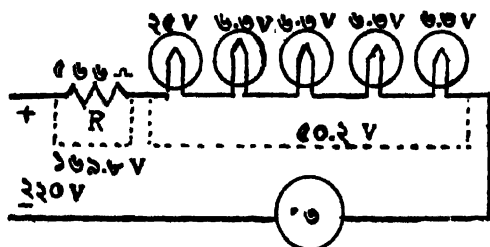
= '০৬ × ৩৩'৩৩

= ১'৯৯৯৮ ভোল্ট

(সাধারণতঃ দুই ভোল্ট ধরা হয়)

তাহলে দেখা গেল, প্রথমটিতে এক ভোল্ট ও দ্বিতীয়টির বেলায় ব্যাটারীর আর অবশিষ্ট দুই ভোল্ট তাও শেষ হয়ে

যাচ্ছে। এক কথায় দ্বিতীয়টির পরে ব্যাটারীর সমস্ত ভোল্টেজই নষ্ট হয়ে যাচ্ছে।

সিরিজ-সংযোগযুক্ত সার্কিটে সর্ব্বত্র একই শক্তির কারেন্ট থাকে। কিন্তু ভোল্টেজ, সার্কিটের বিভিন্ন স্থানে বিভিন্ন রকম হয়। যেমন রেডিওর কাজে ব্যবহৃত অনেকগুলি টিউবের সব কটি একই ভোল্টেজ বিশিষ্ট হয় না। যেমন—৮৯নং চিত্রে ব্যবহৃত পাঁচটি টিউবের মধ্যে সব কয়টি একই ভোল্টেজ বিশিষ্ট নয়। চারটি ৬'৩ ভোল্ট আর '৩ এ্যাম্পিয়ার হলেও একটি ২৫ ভোল্ট ৩ এ্যাম্পিয়ার। লক্ষ্য করলে দেখতে পাব ভোল্টেজের তারতম্য ঘটলেও কারেন্ট সব কয়টিরই সমান।

৮৯নং চিত্র।

এখন যদি টিউব কয়টি সিরিজে সংযুক্ত করা হয় তাহলে (২৫+৬'৩+৬'৩+৬'৩+৬'৩) মোট ৫০'২ ভোল্টের প্রয়োজন হয় '৩ এ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহের জন্য। কিন্তু আমরা জানি, আমাদের সরবরাহ ভোল্টেজ হচ্ছে ২২০ ভোল্ট। অতএব ২২০—৫০'২ (২২০ বিয়োগ ৫০'২)= ১৬৯'৮ ভোল্ট সরবরাহের সাথে যুক্ত করে দিলে বেশী ভোল্টেজের ফলে টিউবগুলির ফিলামেন্ট পুড়ে নষ্ট হয়ে যাবে। তাই ১৬৯'৮ ভোল্টকে নষ্ট করার জন্য ৮৯নং

চিত্রের ন্যায় একটি রেজিষ্ট্যান্স (R) যুক্ত করতে হবে। এখন দেখা যাক্ ঐ R এর পরিমাণ কত দরকার।

R এর পরিমাণ :—

$$R = \frac{E}{I} = \frac{১৬৯.৮}{.৩} = ৫৬৬ \text{ ওম্‌স্।}$$

এ পর্য্যন্ত সকল বিষয়গুলি মোটামুটি এই ভাবে স্মরণ রাখা চলে যে—

১। যখনই কোন সার্কিটের মধ্য দিয়ে ইলেকট্রিক্ কারেণ্ট প্রবাহিত হয়, তখনই ভোল্টেজ ড্রপ্ ঘটে। আর কারেণ্ট সৃষ্টি না হলে কোনরূপ ভোল্টেজ ড্রপ্ ঘটে না।

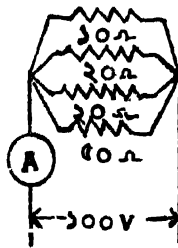
২। এই ভোল্টেজ ড্রপ্ নির্ভর করে সার্কিটের কারেণ্ট ও রেজিষ্ট্যান্সের উপর অর্থাৎ কারেণ্ট ও রেজিষ্ট্যান্সের গুণফলের দ্বারা ভোল্টেজ ড্রপ্ নির্দ্ধারণ করা যায়।

৩। একটি সার্কিটের মধ্যে যে ভোল্টেজ সৃষ্টি হয় তাকে সার্কিটের মধ্য দিয়ে পরিচালনা করতে গিয়ে তা সম্পূর্ণরূপে নিঃশেষিত হয়ে যায়। ফলে, সার্কিটের নেগেটিভ দিকে আর কোনও ভোল্টেজ অবশিষ্ট থাকে না।

৪। সিরিজ-সংযোগযুক্ত সার্কিটের সর্ব্বত্র একই কারেণ্ট প্রবাহিত হলেও বিভিন্ন স্থানে বিভিন্ন রকম ভোল্ট থাকে।

প্যারাল্যাল-সংযোগ (Parallel Connection) দুই বা ততোধিক রেজিষ্ট্যান্স এক জায়গায় করে ৯০নং চিত্র অনুযায়ী সব কটা রেজিষ্ট্যান্সের বাঁদিক এক সঙ্গে, আর

ডানদিক এক সঙ্গে জুড়ে দিয়ে যদি প্রবাহের জন্য একাধিক পথের সৃষ্টি করা যায়, তবে তাকে **রেজিষ্টান্সের প্যারাল্যাল্-সংযোগ** বলে।

সিরিজ-সংযোগের বেলায় যেমন দেখেছি সমস্ত সার্কিটের মধ্য দিয়ে একটি মাত্র পথ থাকে এবং কারেণ্টের পরিমাণ সর্ব্বত্র একই থাকে, কিন্তু প্যারাল্যাল্ সার্কিটের বেলায় ঠিক তার উল্টো। সমস্ত সার্কিটের মধ্যে কারেন্ট প্রবাহের জন্য একাধিক পথ থাকে আর বিভিন্ন পথের কারেণ্টের পরিমাণ ভিন্ন ভিন্ন পরিমাপের হয়। সিরিজ-সংযোগের বেলায় যেমন

৯০নং চিত্র—প্যারাল্যাল সংযোগ।

সার্কিটের মোট রেজিষ্ট্যান্সকে সার্কিটের পৃথক পৃথক রেজিষ্ট্যান্সগুলির যোগফল দ্বারা পেয়েছি, প্যারাল্যাল্-সংযোগের বেলায় ঠিক তার উল্টো। প্যারাল্যাল্-সংযোগের বেলায় সার্কিটের মোট রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ বেড়ে না গিয়ে বরং কমে যায়। মনোযোগের সহিত লক্ষ্য করলে বিষয়টি আরও পরিষ্কার হবে।

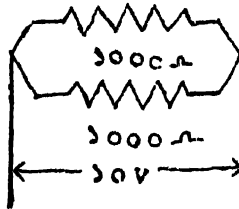
উদাহরণ ১—৯১নং চিত্রে যে ১০ ভোল্ট সরবরাহ থেকে দুইটি ১,০০০ ওম্‌স রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে কারেণ্টকে সার্কিটের দুই পথে প্রবাহের ব্যবস্থা করা হয়েছে, তাদের

প্রত্যেকটি রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে কত কারেণ্ট প্রবাহিত হচ্ছে এবং ঐ সার্কিটের মোট রেজিষ্ট্যান্স কত ?

প্রত্যেকটি রেজিষ্ট্যান্সে মধ্যকার কারেণ্ট :—

$$I = \frac{E}{R} = \frac{১০}{১০০০} = \text{'০১ এ্যাম্পিয়ার।}$$

এক্ষেত্রে একটি হাজার ওম্‌স (১০০০) রেজিষ্ট্যান্সে '০১ এ্যাম্পিয়ার (১০ মিলি এ্যাম্পিয়ার) প্রবাহ যাচ্ছে। তাহলে সার্কিটে ব্যবহৃত দুটি হাজার ওম্‌স রেজিষ্ট্যান্সের মধ্যে

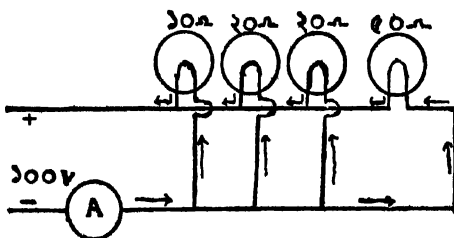
৯:নং চিত্র।

মোট ০২ এ্যাম্পিয়ার প্রবাহ-শক্তি আছে। এইবার দেখা যাক্, সার্কিটের মোট কারেণ্ট যদি '০২ এ্যাম্পিয়ার হয়, আর সরবরাহ ভোল্টেজ যদি ১০ ভোল্ট হয় তবে সার্কিটের মোট রেজিষ্ট্যান্স কত ?

মোট রেজিষ্ট্যান্স :—

$$R = \frac{E}{I} = \frac{১০}{\text{'০২}} = \text{৫০০ ওম্‌স্।}$$

তাহলে দেখা যাচ্ছে সার্কিটের মধ্যে দুটি হাজার ওম্‌স অর্থাৎ দু-হাজার (২০০০) ওম্‌স রেজিষ্ট্যান্স ব্যবহার করা হয়েছিল। কিন্তু তাদের প্যারাল্যাল্-সংযোগের ফলে সার্কিটের মোট রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ এসে দাঁড়াল মাত্র ৫০০ ওম্‌স। প্রায় ¼ ভাগ কম। তাই প্যারাল্যাল্-সংযোগের মোট রোধের পরিমাণ নির্ণয়ের জন্য নিম্নলিখিত সূত্রটি ব্যবহার করা হয়:—

$$R = \frac{১}{\frac{১}{r_১} + \frac{১}{r_২} + \frac{১}{r_৩} + \frac{১}{r_৪} \cdots\cdots}$$

উদাহরণ ২—৯১ নং চিত্রে অঙ্কিত চারটি টিউবের প্যারাল্যাল্ সংযোগযুক্ত ফিলামেণ্ট সার্কিটে (৯২নং চিত্রকে

৯২নং চিত্র।

৯০নং চিত্রে আরও সহজভাবে দেখান হয়েছে) যথাক্রমে ৫০, ২০, ২০ ও ১০ ওম্‌স রেজিষ্ট্যান্স আছে। সার্কিটের মোট রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ কত ?

$$R \text{ (সমবেত রেজিষ্ট্যান্স)} = \frac{১}{\frac{১}{r_১} + \frac{১}{r_২} + \frac{১}{r_৩} + \frac{১}{r_৪}}$$

$$= \frac{১}{\frac{১}{৫০} + \frac{১}{২০} + \frac{১}{২০} + \frac{১}{১০}}$$

$$= \frac{১}{\frac{২+৫+৫+১০}{১০০}}$$

$$= \frac{১}{\frac{২২}{১০০}}$$

$$= \frac{১০০}{২২}$$

$= ৪\cdot৫৪$ ওম্স্।

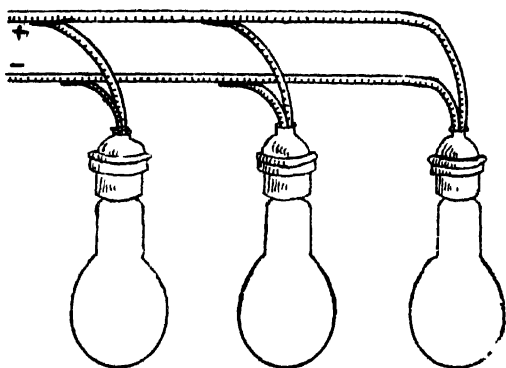
এখানে নিম্নলিখিত বিষয়গুলি মনে রাখলে প্যারাল্যাল্-সংযোগযুক্ত সার্কিটের সকল বিষয় সহজভাবে মনে রাখা যায়—

১। এই সার্কিটের কারেণ্ট প্রবাহের জন্য একাধিক পথ থাকে এবং বিভিন্ন পথের কারেণ্ট বিভিন্ন পরিমাপের হয়।

২। কারেণ্টের পরিমাণ প্রত্যেকটি পথের রেজিষ্ট্যান্স অনুযায়ী বিভিন্ন পরিমাপের হয় এবং সার্কিটের কারেণ্ট ভিন্ন ভিন্ন পথে প্রবাহিত কারেণ্টের যোগফলের সমান।

৩। সার্কিটের সমস্ত রেজিষ্ট্যান্সের উপর ভোল্টেজ ড্রপের পরিমাণ একই পরিমাণ থাকে।

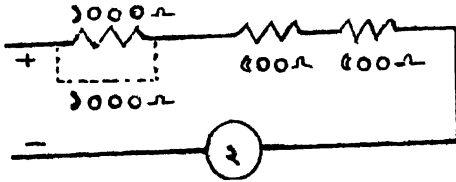
৪। এই সার্কিটের মোট রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ, সার্কিটে ব্যবহৃত সর্ব্বাপেক্ষা ক্ষুদ্রতম রেজিষ্ট্যান্স অপেক্ষা কম হয়।

৫। যে সকল ক্ষেত্রে একই ভোল্টেজ থেকে বিভিন্ন পরিমাপের কারেণ্ট দরকার হয়, সেখানে প্যারাল্যাল সংযোগের ব্যবস্থা করতে হয়।

৯৩নং চিত্র—প্যাবালালে যুক্ত ইলেকট্রিক বাল্‌ব।

সাধারণতঃ ইলেকট্রিক বালব্‌ রেজিষ্ট্যান্স ছাড়া আর কিছুই নয় তাকে ৯৩নং চিত্রের ন্যায় প্যারাল্যালে লাগান হয়।

সিরিজ-প্যারাল্যাল-সংযোগ (Series-Parallel Connection) সিরিজ-সংযোগ ও প্যারাল্যাল্‌-সংযোগ এই দুইয়ের সমন্বয়। অর্থাৎ কারেণ্ট প্রথমে সরবরাহের পজিটিভ দিক থেকে বেরিয়ে দুই বা ততোধিক পথ-যুক্ত

প্যারাল্যাল্‌ সার্কিটের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়। ঐ বিভিন্ন পরিমাপের কারেণ্ট একত্রিত হয়ে পুনরায় সিরিজ সার্কিটের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়ে সরবরাহের নেগেটিভের দিকে চলে যায়। এইরূপ সার্কিটকে বলা হয় **সিরিজ-প্যারাল্যাল সংযোগ** সার্কিট।

উদাহরণ ১--মনে করা যাক্‌, দুইটি ৫০০ ওম্‌স রেজিষ্ট্যান্সকে সিরিজে সংযোগ করে, ৯৪নং চিত্র অনুযায়ী আরও দুইটি ১০০০ ওম্‌স রেজিষ্ট্যান্সকে প্যারাল্যাল্‌-সংযোগ করে পূর্ব্বের ৫০০ ওম্‌স রেজিষ্ট্যান্সদ্বয়ের সাথে সিরিজে

৯৪নং চিত্র—সিরিজ-প্যারাল্যাল সার্কিট।

লাগান হয়েছে। এখন ঐ সমবেত সার্কিট দিয়ে যদি ২ এ্যাম্পিয়ার প্রবাহ পাঠাবার দরকার হয়, তা হলে সার্কিটের সরবরাহ ভোল্টেজ কত হওয়া উচিত ?

প্রথমতঃ প্যারাল্যাল্‌ সার্কিটের সমবেত রেজিষ্ট্যান্স সমান ঃ—

$$R = \frac{১}{\frac{১}{১০০০} + \frac{১}{১০০০}}$$

$$= \frac{১}{\frac{২}{১০০০}}$$

$$= \frac{১০০০}{২} = ৫০০ \text{ ওম্‌স।}$$

দ্বিতীয়তঃ ঐ সমবেত রেজিষ্ট্যান্স অন্য দুটো রেজিষ্ট্যান্সের সাথে সিরিজে লাগান আছে বলেই সমস্ত সার্কিটের রেজিষ্ট্যান্স সমান :—

R=৫00+৫00+৫00 =১৫00 ওম্‌স্।

তৃতীয়তঃ কারেণ্ট আমাদের চাই ২ এ্যাম্পিয়ার। অতএব ভোণ্টেজ সমান :—

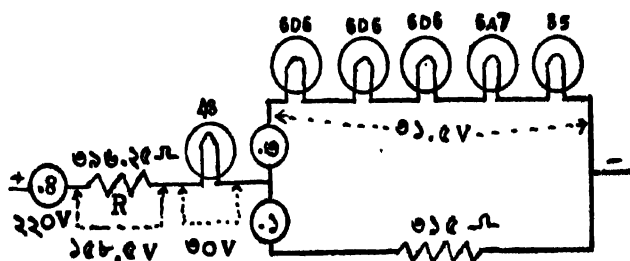
E=২×১৫00 =৩000 ভোল্ট।

এই ধরণের কোন জটিল সার্কিটের সম্মুখীন হলে উপরিউক্ত নিয়মে তার হিসাব ঠিক করে নিতে হয়। এইরূপ সিরিজ-প্যারাল্যাল্ সার্কিটের প্যারাল্যাল্ অংশকে সিরিজ অংশের শাণ্ট (shunt) বলা যেতে পারে। অর্থাৎ ৯৪নং চিত্রে অঙ্কিত দুইটি ১000 ওম্‌স রেজিষ্ট্যান্সের মধ্যে একটিকে সার্কিটের অন্য দুটি ৫00 ওম্‌স্ রেজিষ্ট্যান্সের সাথে সিরিজ ধরে দ্বিতীয় ১000 ওম্‌স্ রেজিষ্ট্যান্সকে প্রথম ১000 ওম্‌স্ রেজিষ্ট্যান্সের শাণ্ট বলা হয়ে থাকে। শাণ্টের কাজই হলো সার্কিটের কিছুটা প্রবাহ অন্য পথে পরিচালিত করা। তাই শাণ্ট বলা হয়, সার্কিটের কোন একটি অংশের সাথে সমান্তরাল ভাবে (প্যারাল্যাল্ ভাবে) সংযুক্ত আর একটি রেজিষ্ট্যান্সকে।

রেডিওর কাজে মিটার, পাইলট ল্যাম্প, প্রভৃতিতে শাণ্ট ব্যবহার করা হয়ে থাকে। এইরূপ জটিল সার্কিটে ব্যবহৃত শাণ্টের হিসাব করা খুবই সহজ। ৯৫ নং চিত্রে একটি শাণ্টযুক্ত সার্কিটের হিসাব করে দেখান হয়েছে।

উদাহরণ ২—মনে করা যাক, আমাদের হাতে ছয়টি ভ্যাল্‌ভ আছে, যথাক্রমে, তিনটি 6D6, একটি 6A7, একটি

85, আর একটি 48। এই ছয়টি ভ্যাল্‌ভ দিয়ে আমাদের
একটি গ্রাহক যন্ত্র (Radio Receiver) তৈরী করতে হলে
কি ভাবে ঐ ভ্যাল্‌ভগুলি সাজাতে হবে ?

টিউব ম্যানুয়াল থেকে (Tube Characteristic Chart) দেখা গেল যে, এদের মধ্যে প্রথম পাঁচটি টিউবের প্রত্যেকটির ফিলামেণ্টের জন্য দরকার ৬'৩ ভোল্ট '৩ এ্যাম্পিয়ার কিন্তু শেষের টিউবটির অর্থাৎ 48 নম্বরের টিউবটির ফিলামেণ্ট ভোল্টেজ হচ্ছে ৩০ ভোল্ট আর কারেণ্ট '৪ এ্যাম্পিয়ার। তাহলে এখন দেখতে হবে ২২০ ভোল্ট সরবরাহ

৯৫নং চিত্র—শাণ্ট যুক্ত সার্কিট।

থেকে যন্ত্রটিকে চালাতে গেলে কি ভাবে টিউবের ফিলামেণ্ট সংযোগ করতে হবে এবং সার্কিটের ভোল্টেজ ড্রপ্ রেজিষ্ট্যান্স কত হবে।

প্রথমে দেখতে হবে টিউবগুলি সিরিজ-সংযোগ হবে না প্যারাল্যাল্-সংযোগ হবে। সিরিজ-সংযোগের বেলায় আমরা জানি—"সিরিজ-সংযোগযুক্ত সার্কিটের মধ্যে সর্ব্বত্র একই কারেণ্ট থাকে। কিন্তু ভোল্টেজ বিভিন্ন রকমের হয়। আর

প্যারাল্যাল্-সংযোগের বেলায় সার্কিটের মধ্যে ভোল্টেজ একই থাকে, কারেন্ট বিভিন্ন রকমের হয়।

এখানে ভ্যাল্‌ভ বা টিউবগুলির মধ্যে কারেন্টের তারতম্য থাকায় সিরিজ-সংযোগ চলে না। আবার ভোল্টেজের পার্থক্য থাকায় প্যারাল্যাল-সংযোগ করাও চলে না। তাহলে আমাদের শান্টের সাহায্য নিতে হবে। পূর্ব্বেই বলেছি শান্টের কাজ হলো কিছুটা কারেন্ট অন্য পথে পরিচালিত করা। এখন যদি ৯৫ নং চিত্রের ন্যায় টিউবগুলি সিরিজে সংযোগ করে সমস্ত সার্কিটের মধ্যে '৪ এ্যাম্পিয়ার প্রবাহ রেখে '৩ এ্যাম্পিয়ার ফিলামেণ্টযুক্ত টিউবের সাথে একটি শাণ্ট যুক্ত করে ঐ শান্টের সাথে বাকি '১ এ্যাম্পিয়ারকে প্রবাহিত করা যায়, তাহলে সার্কিটটি সম্পূর্ণ হয়। এক কথায় **সিরিজ প্যারাল্যাল্-সংযোগ** অর্থাৎ ১২০ ভোল্ট সরবরাহের পজিটিভ থেকে বেরিয়ে প্রবাহ প্রথমে '৪ এ্যাম্পিয়ার টিউবের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়ে, তারপর দুই ভাগে বিভক্ত হয়ে মোট '৪ এ্যাম্পিয়ারের '৩ এ্যাম্পিয়ার, টিউবের ফিলামেণ্টের মধ্য দিয়ে ও বাকি '১ এ্যাম্পিয়ার শান্টের পথে প্রবাহিত হয়ে আবার প্রবাহ দুটি একত্র মিশে সরবরাহের নেগেটিভে চলে যায়।

এবারে দেখা যাক্ বিভিন্ন শ্রেণীতে কত ভোল্টেজ হচ্ছে। প্রথম 48 টিউবের ভোল্টেজ ৩০ ভোল্ট। বাকি পাঁচটি টিউবের (৬'৩×৫) ৩১'৫ ভোল্ট। অর্থাৎ মোট ভোল্টেজ হচ্ছে (৩১'৫+৩০) ৬১'৫ ভোল্ট। কিন্তু আমাদের সরবরাহ ভোল্টেজ বলা হয়েছে ২২০ ভোল্ট। তাহলে বাকি (২২০—৬১'৫) ১৫৮'৫ ভোল্ট ড্রপ্ করতে হবে। হিসাব করে দেখা যাক ড্রপিং রেজিষ্ট্যান্স কত হয়।

যেহেতু, রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে '৪ এ্যাম্পিয়ার প্রবাহ-শক্তি আছে সেই হেতু রেজিষ্ট্যান্সের পরিমান সমান :—

$$R = \frac{E}{I} = \frac{১৫৮'৫}{'৪} = ৩৯৬'২৫ \text{ ওম্‌স্‌।}$$

এখন দেখা যাক শান্টের পরিমাণ কত।

যেহেতু, শান্ট-যুক্ত সার্কিটের (প্যারাল্যাল সার্কিটের) ভোল্টেজ হচ্ছে ৩১'৫ ভোল্ট এবং শান্টের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট '১ এ্যাম্পিয়ার সেই হেতু শান্টের পরিমাণ সমান :—

$$R = \frac{E}{I} = \frac{৩১'৫}{'১} = ৩১৫ \text{ ওম্‌স্‌।}$$

পুনরায় যদি অঙ্কটি ঠিক হলো কিনা প্রমাণ করে দেখতে যাই, তাহলে প্রথমতঃ সার্কিটের বিভিন্ন স্থানের ভোল্টেজ যোগ করলে (১৫৮'৫+৩০+৩১'৫) দেখতে পাব সরবরাহ ভোল্টেজের (২২০ ভোল্টেজের) সমান হবে। দ্বিতীয়তঃ ঐ সরবরাহ ভোল্টেজকে সার্কিটের মোট রেজিষ্ট্যান্স দিয়ে ভাগ করলে দেখতে পাব, সার্কিটে প্রবাহিত কারেন্ট '৪ এ্যাম্পিয়ারের সমান হবে কিন্তু প্যারাল্যাল সার্কিটে মাত্র '৩ এ্যাম্পিয়ার আর ৩১৫ ওম্‌স্‌ জানা আছে। তাহলে প্রথমেই প্যারাল্যাল সার্কিটের মোট রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ বার করে নিতে হবে।

প্যারাল্যাল সার্কিটে কারেন্ট প্রবাহের জন্য দুইটি পথ আছে। প্রথম পথের রেজিষ্ট্যান্স সমান :—

$$R = \frac{E}{I} = \frac{৩১'৫}{'৩} = ১০৫ \text{ ওম্‌স্‌।}$$

প্রবাহের দ্বিতীয় পথের রেজিষ্ট্যান্স সমান :—

$$R=\frac{E}{I}=\frac{৩১\cdot৫}{\cdot১}=৩১৫ \text{ ওম্‌স্।}$$

অতএব প্যারাল্যাল সার্কিটের মোট রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ সমান :—

$$R=\frac{১}{\frac{১}{r_১}+\frac{১}{r_২}}$$

$$=\frac{১}{\frac{১}{১০৫}+\frac{১}{৩১৫}}$$

$$=\frac{১}{\frac{৪}{১৩৫}}=\frac{৩১৫}{৪}$$

$$= ৭৮\cdot৭৫ \text{ ওম্‌স্।}$$

আর একটি সূত্র দ্বারা এই প্যারাল্যাল সার্কিটের হিসাব করা যায়। সূত্রটি হলো :—

$$R=\frac{R_১\times R_২}{R_১+R_২}=\frac{১০৫\times৩১৫}{১০৫+৩১৫}=৭৮\cdot৭৫ \text{ ওম্‌স্।}$$

এখন সার্কিটের সমবেত রেজিষ্ট্যান্স সমান :—

$$৩৯৬\cdot২৫+৭৮\cdot৭৫\times৭৫=৫৫০ \text{ ওম্‌স্।}$$

এখানে ৭৫ ওম্‌স্ হচ্ছে 48 টিউবের আভ্যন্তরীন রেজিষ্ট্যান্স যেমন :—

$$R = \frac{E}{I} = \frac{৩০}{\cdot৪} = ৭৫ \text{ ওম্‌স্।}$$

তাহলে সার্কিটের মোট রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ পেলাম ৫৫০ ওম্‌স্। এখন সরবরাহ ভোল্টেজকে (২২০ ভোল্ট) সার্কিটের ঐ মোট রেজিষ্ট্যান্স (৫৫০ ওম্‌স্) দিয়ে ভাগ করলে সার্কিটের কারেন্টের পরিমাণ পাব।

সার্কিটের প্রবাহ-শক্তির পরিমাণ সমান :—

$$I = \frac{E}{R} = \frac{২২০}{৫৫০} = \cdot৪ \text{ এ্যাম্পিয়ার।}$$

এইভাবে বিভিন্ন প্রকার সূত্রের সাহায্যে অঙ্কটিকে পুনরায় প্রমাণ করে দেখা যায়।

পাওয়ার (Power) :—একটা নির্দ্দিষ্ট সময়ে একটি ভারী জিনিষকে একজন লোক হয়তো মাটি থেকে দশ হাত উপরে অনায়াসে তুলতে পারে, আর একজন ঐ একই জিনিষকে একই সময়ে মাটি থেকে এক হাতও তুলতে পারে না। এইরূপ অবস্থায় আমরা প্রথম ব্যক্তিকে দ্বিতীয় ব্যক্তি অপেক্ষা অধিক শক্তিশালী বলি অর্থাৎ প্রথম ব্যক্তির কাজ করবার ক্ষমতা দ্বিতীয় ব্যক্তি অপেক্ষা বেশী। এক কথায় বলতে গেলে— কর্ম্ম-শক্তি বা পাওয়ার বলতে বুঝায় কাজের রেট্ বা একটি নির্দ্দিষ্ট সময়ের মধ্যে কতটুকু কাজ করা হচ্ছে তার পরিমাণ, তাই কর্ম্ম শক্তির এককে বলা হয় **ওয়াট্** (**Watt**)।

বৈদ্যুতিক কাজে **ওয়াটেজ** কথাটি ব্যাপক ভাবে ব্যবহার করা হয়, কারণ ওয়াট্ হচ্ছে বৈদ্যুতিক কর্ম্ম-শক্তির একক।

কারেন্ট ও ভোল্টেজ পরিমাপের জন্য যেমন একক (Unit) স্থির করে নেওয়া হয়েছে, শক্তির পরিমাপের বেলায়ও ওয়াট্‌কে তার একক (Unit) হিসাবে ধরা হয়েছে।

ওয়াট্‌ কথাটির সৃষ্টি হয়েছে বাষ্পীয় শক্তির আবিষ্কারক **জেম্‌স্‌ ওয়াট্‌**-এর নাম অনুযায়ী। তিনি প্রথম তাঁর বাষ্পীয় ইঞ্জিনের কর্ম্ম-শক্তির পরিমাণ নির্দ্ধারণের জন্য

জেম্‌স্‌ ওয়াট্‌
১৭৩৬—১৮১৯

অশ্বের শক্তির সঙ্গে তুলনা করে যান্ত্রিক কর্ম্ম-শক্তির একককে "**অশ্ব-শক্তি**" (Horse-Power) নাম দিয়াছিলেন। তাই যান্ত্রিক ব্যাপারে কর্ম্ম-শক্তিকে অশ্ব-শক্তি বা হর্স-পাওয়ার দিয়ে হিসাব করা হয়। এক অশ্ব-শক্তি হচ্ছে ৭৪৬ ওয়াটের সমান। অর্থাৎ ৭৪৬ ওয়াট্‌ বৈদ্যুতিক শক্তির সাহায্যে যে পরিমাণ কার্য্য করা যায়, এক অশ্ব-শক্তির (যান্ত্রিক কর্ম্ম-শক্তি)

সাহায্যে ঠিক ততখানিই কাজ সম্পন্ন হয়। মোটর, ইঞ্জিন প্রভৃতি ক্ষেত্রে শুনা যায়, দুই হর্স-পাওয়ার মোটর (২ ঘোড়ার মোটর) অর্থাৎ বৈদ্যুতিক পরিমাণ অনুযায়ী মোটর সার্কিটের কর্ম্ম-শক্তি হচ্ছে (৭৪৬×২) ১৪৯২ ওয়াট্।

ভোল্টেজকে কারেন্ট দিয়ে গুণ করলে পাওয়ার পাওয়া যায়। অর্থাৎ পাওয়ার শুধু কারেন্ট নয়, আবার শুধু ভোল্টেজও নয়। কর্ম্ম-শক্তি বা পাওয়ার হচ্ছে এই দুইয়ের গুণফল।

সূত্রাকারে লিখলে এইরূপ দাঁড়ায়ঃ—

$$W = E \times I \cdots\cdots\cdots\cdots (i)$$

এই সূত্রটিকে অন্য দুই ভাবে প্রকাশ করা যায় যেমন ওম্‌--সূত্র অনুযায়ী আমরা জানি $E = I \times R$ ও $I = \frac{E}{R}$

অতএব কর্ম্ম-শক্তির প্রথম সূত্রটিকে এইভাবে লেখা চলেঃ—

$$W = E \times I = (I \times R) \times I = I^2 \times R \cdots\cdots\cdots (ii)$$

[অর্থাৎ সার্কিটে যে কারেন্ট রয়েছে তার বর্গকে সার্কিটের রেজিষ্ট্যান্স দিয়ে গুণ করলে ওয়াট হিসাবে সার্কিটের মোট কর্ম্ম-শক্তি পাওয়া যায়।]

পুনরায় দ্বিতীয় সূত্রটিকে এইভাবে প্রকাশ করা যায়, যেমন—

$$W = E \times I = E \times \left(\frac{E}{R}\right) = \frac{E^2}{R} \cdots\cdots\cdots\cdots (iii)$$

[অর্থাৎ সার্কিটের যে ভোল্টেজ আছে তার বর্গকে সার্কিটের রেজিষ্ট্যান্স দিয়ে ভাগ করলে 'পাওয়ার' হিসাবে সার্কিটের মোট কর্ম্ম-শক্তি পাওয়া যায়।]

উদাহরণ দিয়ে বুঝালে বিষয়টি আরও পরিষ্কার হবে। এই সম্পর্কে আর একটি বিষয় বলে রাখা দরকার যে, শুধু সার্কিটের কারেন্ট ও ভোল্টেজের হিসাব নিয়েই রেজিষ্ট্যান্স নির্দ্ধারণ করলে চলবে না, রেজিষ্ট্যান্সের সহন-শক্তির দিকেও লক্ষ্য রাখতে হবে। একটি নির্দ্দিষ্ট চাপে রেজিষ্ট্যান্সের মধ্যে প্রবাহিত কারেন্টের ফলে যে বৈদ্যুতিক কর্ম্ম-শক্তির বা পাওয়ার দরকার হবে, সেই শক্তি বহন করবার ক্ষমতা যদি না থাকে তাহলে রেজিষ্ট্যান্সটি পুড়ে যাবে। তাই রেজিষ্ট্যান্স ব্যবহার করবার সময় জেনে নিতে হবে যে রেজিষ্ট্যান্সটির এই সহন-শক্তি আছে কিনা। সাধারণতঃ স্থান বিশেষে সার্কিটের কর্ম্ম-শক্তির চেয়ে দ্বিগুণ থেকে চতুর্গুণ পর্য্যন্ত শক্তি সহনশীল রেজিষ্ট্যান্স ব্যবহার করা উচিত। প্রস্তুত কারকেরা রেজিষ্ট্যান্সের আয়তন অনুযায়ী ওয়াটেজ নির্দ্দিষ্ট করে দেন যেমন—½, ১, ২, ১০, ২০, ৩০, ৫০, ৭৫, ১০০ এবং ২০০ ওয়াট্। বেশী ওয়াটের রেজিষ্ট্যান্সগুলি বড় হয় ও কম ওয়াটের রেজিষ্ট্যান্সগুলি অপেক্ষাকৃত ছোট হয়। রেজিষ্ট্যান্স আবার দুই প্রকারের হয় **কার্বন রেজিষ্ট্যান্স** ও **তার জাতীয় রেজিষ্ট্যান্স**। চার ওয়াটের বেশী যেখানে প্রয়োজন, সেখানে কার্বন রেজিষ্ট্যান্স ব্যবহার করা উচিত নয়। তার জাতীয় রেজিষ্ট্যান্স ব্যবহার করাই উচিত।

উদাহরণ ১—কোন ফিলামেণ্ট সার্কিটে ব্যবহৃত রেজিষ্ট্যান্সের এক প্রান্ত থেকে অপর প্রান্তের চাপ-মাত্রা (Voltage across its terminals) ৪০ ভোল্ট এবং প্রবাহ-শক্তি বা কারেণ্ট ·৩ এ্যাম্পিয়ার হলে, তার ওয়াটেজ হিসাবে পাওয়ার কত হবে?

প্রথম সূত্র অনুযায়ী।

$$W = E \times I = ৪০ \times ·৩ = ১২ \text{ ওয়াট।}$$

পূর্ব্বের বর্ণনা অনুযায়ী ১২ ওয়াট রেজিষ্ট্যান্সের দ্বিগুণ করলে হয় ১২ × ২ = ২৪ ওয়াট। (২৪ ওয়াটের কোন রেজিষ্ট্যান্স প্রস্তুত করা হয় না, এক্ষেত্রে ২০ কিম্বা ৩০ ওয়াটের রেজিষ্ট্যান্স ব্যবহার করা হয়)।

উদাহরণ ২—একটি ১৫,০০০ ওম্স্ রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে যদি ১০ মিলি-এ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট প্রবাহের ব্যবস্থা করা হয়, তাহলে রেজিষ্ট্যান্সের ওয়াটেজ কত হবে ?

এখানে দ্বিতীয় সূত্রটি প্রয়োগ করতে হবে—

$$W = I^2 \times R = ·১০ \times ·১০ \times ১৫,০০০ = ·০০০১ \times ১৫,০০০$$
$$= ১·৫ \text{ ওয়াট}$$

দ্বিগুণ করলে হয় ১·৫ × ২ = ৩ ওয়াট

উদাহরণ ৩—সার্কিটের রেজিষ্ট্যান্সের পরিমান ৪০০ ওম্স এবং ভোল্টেজ ৪০ ভোল্ট জানা আছে, রেজিষ্ট্যান্সের ওয়াটেজ নির্ণয় কর।

তৃতীয় সূত্র অনুযায়ী—

$$W = \frac{E^2}{R} = \frac{(৪০)^2}{৪০০} = \frac{১৬০০}{৪০০} = ৪ \text{ ওয়াট্}$$

দ্বিগুণ করলে হয় ৪ × ২ = ৮ ওয়াট

এইভাবে তিন প্রকার সূত্র প্রয়োগ করে রেজিষ্ট্যান্সের ওয়াট হিসাবে কর্ম্ম-শক্তির পরিমাণ নির্ণয় করা হয়।

Test Questions

1. *In what units resistance, current and pressure are measured ?*

2. *State Ohm's Law.*

3. *What letters are used to represent volt, ampere and ohms?*

4. *The electric pressure applied to a circuit is 220 volt, and it is desired to obtain a current of ·5 ampere. What should be the resistance of that circuit ?*

   Ans. 440 ohms.

5. *How do you convert milliamperes into amperes ?*

6. *If the resistance in a circuit is increased, what happens to the current ?*

7. *If the voltage in a circuit is increased, what happens to the current ?*

8. *Describe what is meant by the voltage drop in an electrical circuit ?*

9. *Two resistors of 40 and 60 ohms respectively are connected in series accross a 220 volt source. Calculate (a) the current flow and (b) the voltage drop across each resistor.*

   Ans. (a) 2·2 amp. (b) 88 and 132 volts,

10. *What would be the (a) total or joint resistance, if the resistors of the previous example were all connected in parallel. (b) total current and (c) the current in each individual resistor be, assuming the impressed voltage at 220 as before ?*

    Ans. (a) 24 ohms. (b) 9·17 amp. (c) 5·5 and 3·7 amperes.

11. *In a series circuit, is the current exactly the same in all parts or is it different at different points in the circuit ?*
12. *What formula is generally used to determin the total resistance of parallel circuit ?*
13. *What is the total or joint resistance of three incandescent lamp shown in fig 93 of resistance 210 ohms each connected in parallel ?*

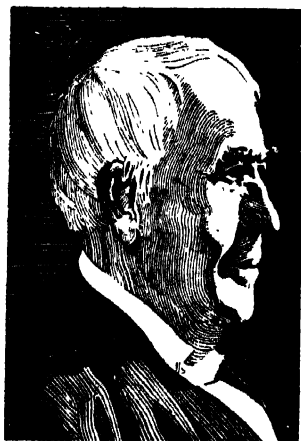
Ans. 70 ohms.

14. *A resistor of 875 ohms is required for a certain circuit, but resistors of 1000, 1000, 1500 and 500 ohms are available. Show with the aid of a diagram, how these may be connected to make the required resistance.*
15. *What are the common units used in power measurement ?*
16. *What are the relations between horse-power and watts ?*
17. *Write the three formulas for electrical power in watts.*
18. *What are the two general classes of resistors used in radio receivers and where are they used ?*

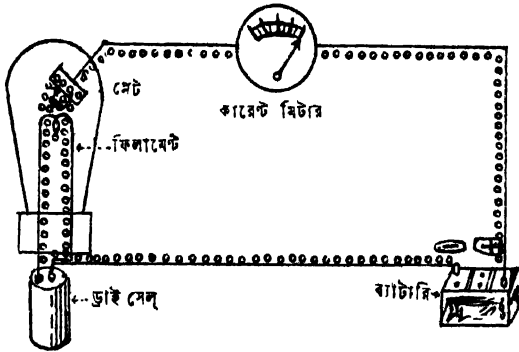
ষষ্ঠ অধ্যায়

ভ্যাকুয়াম-টিউব

(Vacuum Tube)

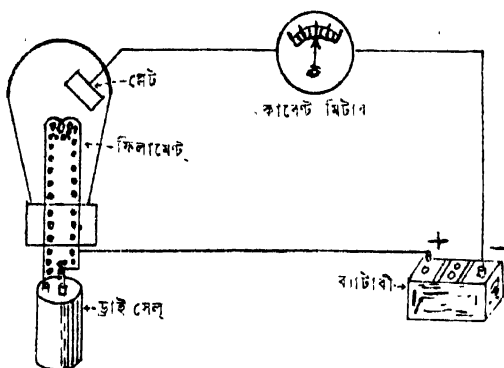
এডিসন এফেক্ট (Edision Effect)—যখন জগতের অন্যান্য বিজ্ঞানীগণ সদ্যজাত ইলেকট্রো-ম্যাগনেটিক ওয়েভস্ নিয়ে ব্যস্ত তখন আমেরিকার বিশিষ্ট বৈজ্ঞানিক **টমাস**

টমাস এল্‌ভা এডিসন
(১৮৪৭—১৯৩১)

এল্‌ভা এডিসনও (Thomas Alva Edison) একটি বায়ুশূন্য কাচনলের মধ্যে ইলেকট্রিসিটির সাহায্যে আলোক-রশ্মি আবিষ্কারের কাজে নিযুক্ত। এই আলোক-রশ্মি নিয়ে পরীক্ষা করতে গিয়েই এডিসন ঘটনা ক্রমে এক শক্তিশালী

বস্তুর সম্মুখীন হলেন। তিনি দেখতে পেলেন, যখনই কাচ-নলের মধ্যে অবস্থিত ফিলামেন্টটি কেটে যায় তখন কেবল তার একটি প্রান্তই কাটে। তীক্ষ্ণদৃষ্টি বৈজ্ঞানিক এডিসন আরও লক্ষ্য করলেন যে, ফিলামেন্টের যে প্রান্তটি ব্যাটারীর পজেটিভ প্রান্তে যুক্ত থাকে, কেবল সেই প্রান্তটিই কাটে। তাই এর কারণ বুঝতে না পারায় তিনি বিভিন্ন প্রকার পরীক্ষার সাহায্যে ফিলামেন্টের এই দুর্ব্বলতা দূর করতে চেষ্টা করতে লাগলেন।

৯৮নং চিত্র—এডিসন এফেক্ট সার্কিট। প্লেটে পজিটিভ ভোল্টেজ দেওয়ার ফলে গ্যালভানোমিটারের কাঁটা নড়ে ওঠে।

এই ভাবে বিভিন্ন উপায়ে পরীক্ষা করতে গিয়ে অবশেষে ৯৮নং চিত্র অনুযায়ী একটি ধাতব প্লেটকে ঐ কাচ পাত্রের মধ্যে অবস্থিত ফিলামেন্টের কাছে রেখে চিত্র অনুযায়ী একটি গ্যালভানো-মিটার (ইলেকট্রিক কারেণ্ট পরিমাপক যন্ত্র) প্লেট ও ব্যাটারীর সাথে সিরিজে সংযুক্ত করে দেখতে পেলেন, যখনই গ্যালভানো-মিটারের অপর প্রান্তটি ব্যাটারীর পজিটিভ প্রান্তে যুক্ত করা হয়, তখনই গ্যালভানো-মিটারের কাঁটাটি নড়ে উঠে। কিন্তু ৯৯ নং চিত্রের ন্যায় নেগেটিভ প্রান্তে যুক্ত

হলে (ব্যাটারীর সংযোগ উল্টো হলে) গ্যালভানো মিটারের কাঁটা নড়ে না। এই ভাবে গ্যালভানো-মিটারের সাহায্যে তিনি ইলেক্‌ট্রিক কারেন্টের গতি লক্ষ্য করিলেন এবং আরও লক্ষ্য করিলেন যে, ঐ গতি একাভিমুখী—অর্থাৎ বাহিরের সংযোগ পথে কেবল ফিলামেণ্ট থেকে প্লেটের দিকেই প্রবাহিত হয়।

তাঁহার এই আঙ্কিারের প্রকৃত রহস্য তখন তিনি উদ্ঘাটন করতে পারেন নি। তার কারণ, তখনও পর্য্যন্ত ইলেক্‌ট্রন-

৯৯নং চিত্র—প্লেটে নেগেটিভ ভোল্টেজের ফলে কোন কারেণ্ট প্রবাহিত হয় না।

বিজ্ঞানের সাথে ভালরূপ পরিচয় ঘটেনি। এডিসন কেবল তাঁর আবিষ্কার দ্বারা ফিলামেণ্টের ঐ দোষ দূর করে ভ্যাল্‌ভ নির্ম্মাণ টেক্‌নিকের উন্নতি করতে সক্ষম হয়েছিলেন এবং পরে এই আবিষ্কার বিদ্যুৎ-জগতে **"এডিসন এফেক্ট"** নামে পরিচিত হয়।

তাঁর এই আবিষ্কার ইলেক্‌ট্রনিক্স বিজ্ঞানে কোনরূপ আলোড়নের সৃষ্টি করতে পারবে বলে তিনি মনে করেন নি।

তাই তিনি নিজে টেলিগ্রাফির উন্নতি সাধন ও ফোনোগ্রাফ্ আবিষ্কারকে অধিকতর প্রয়োজনীয় বলে মনে করেছিলেন এবং তাঁর প্রতিভাকে এ পথ থেকে সরিয়ে ফোনোগ্রাফ আবিষ্কারেই নিয়োগ করেছিলেন।

তারপর এই এডিসন-এফেক্টের স্বরূপ খুঁজে পেয়েছিলেন **স্যার জে. জে. টম্সন** (Sir Joseph John Thomson)। তিনি চুম্বক ক্ষেত্রে ক্যাথোড়-রশ্মির গতিপথ পরিবর্ত্তনের পরীক্ষার সাহায্যে দেখান যে ঐ রশ্মি নেগেটিভ চার্জযুক্ত বিদ্যুৎ-কণার সমষ্টি মাত্র। ঐ বিদ্যুৎ কণাকে বলা হয় **ইলেক্ট্রন্**। তপ্ত ধাতব পদার্থ থেকেই এইরূপ কণা নির্গত হয়। এই ভাবে এডিসন-এফেক্টের স্বরূপ বুঝাতে গিয়ে তিনি বলেছিলেন যে,—

''এডিসন্-ভ্যাল্ভের ধাতু-নির্ম্মিত তপ্ত ফিলামেন্ট থেকে ইলেক্ট্রন নির্গত হয় এবং ঐ ইলেক্ট্রন্ নেগেটিভ চার্জযুক্ত হওয়ায় ঐ কণাগুলি ভ্যাল্ভস্থিত পজিটিভ প্লেটের দিকে ধাবিত হয়; ফলে, প্লেটের বাহিরের সংযোগ পথে কারেন্টের উদ্ভব হয়, তাই গ্যালভানো মিটারের কাঁটাটি নড়ে ওঠে। কিন্তু প্লেটকে নেগেটিভ দিকে যুক্ত করলে ভ্যাল্ভস্থিত ইলেক্ট্রন্ নেগেটিভ প্লেট দ্বারা আকৃষ্ট হয় না, ফলে, কোনরূপ কারেন্টেরও উদ্ভব হয় না। তাই গ্যালভানো মিটারের কাঁটাটি স্থির অবস্থায় থাকে।''

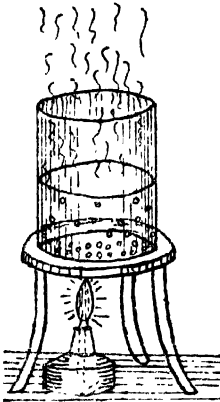
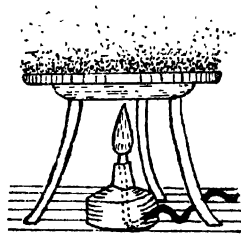
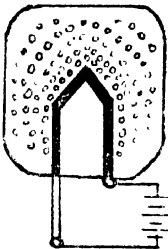
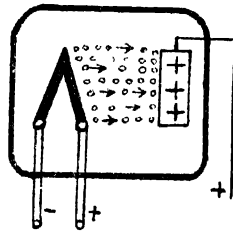
টমসনের এই বর্ণনা থেকেই আমরা বুঝতে পারি যে, এডিসন-আবিষ্কৃত ভ্যাল্ভের তপ্ত ফিলামেন্ট থেকে নির্গত ইলেট্রন্গুলি ভ্যাল্ভস্থিত ফিলামেন্টের পজিটিভ প্রান্তে গিয়ে উপস্থিত হওয়ার ফলে ঐ প্রান্ত অতিরিক্ত উত্তপ্ত হয়ে কেটে যায়।

ইলেক্ট্রনিক এমিশন (Electronic emission)— সমস্ত পদার্থের মধ্যেই ইলেট্রন রয়েছে। পদার্থের পরমাণুর ক্ষুদ্রতম উপাদান হচ্ছে ইলেক্ট্রন। ইলেক্ট্রনের ভার এত কম যে, তাদের গণনার মধ্যেই ধরা হয় না, পজিটিভ চার্জযুক্ত

প্রোটনকেই কেবল গণনা করা হয়। পূর্ব্বেই বলেছি, নেগেটিভ চার্জযুক্ত কণাকেই **ইলেকট্রন** বলা হয় এবং এই ইলেক্ট্রন পজিটিভ Nucleus বা কেন্দ্রকের চার পাশে বিভিন্ন কক্ষ পথে আবর্ত্তনশীল অবস্থায় পরমাণুর মধ্যে অবস্থান করে। পদার্থের মাধ্যমে নিচু পোটেনশ্যাল থেকে উঁচু পোটেন্শ্যালের দিকে প্রবাহিত ইলেক্ট্রন-প্রবাহকেই **"বিদ্যুৎ-প্রবাহ"** বা **ইলেকৃট্রিক কারেণ্ট** বলা হয়। প্রকৃত পক্ষে বিদ্যুৎ-শক্তির আবিষ্কারের পর থেকেই আমরা ইলেক্ট্রনের নিয়ন্ত্রণ ব্যবস্থা আয়ত্ত্ব করেছি। তবে, পদার্থের মাধ্যমে যখন ইলেক্ট্রন্ চলাফেরা করে, তখন তার নিয়ন্ত্রণ ব্যবস্থা করে থাকে বিদ্যুৎ-শাস্ত্র। এইরূপ ইলেক্ট্রনের গতি-বেগ খুব কম, কিন্তু বিদেহী ইলেক্ট্রনের (Emitted electrons) অর্থাৎ পদার্থের দেহ থেকে বিচ্ছিন্ন করে শূন্য স্থানের মধ্য দিয়ে যে ইলেক্ট্রন চলাফেরা করে, তার গতি অত্যন্ত বেশী এবং এই ইলেক্ট্রনের দায়িত্ব গ্রহণ করে **"ইলেকৃট্রন বিজ্ঞান"**।

ইলেকট্রন্ বিজ্ঞানের জন্ম হয় এক শতাব্দী পূর্ব্বে। আলোক-রশ্মির বৈদ্যুতিক ও রাসায়নিক প্রতিক্রিয়া অধ্যয়ন করতে গিয়ে **বেকরেল** পদার্থ-বিদ্যায় ইলেক্ট্রন্ বিজ্ঞানের সূত্রপাত করেন। স্যার জে. জে, টমসনের আবিষ্কারের ফলে ইলেক্ট্রন্-বিজ্ঞান আর এক ধাপ এগিয়ে গিয়েছিল মাত্র।

ইলেক্ট্রন-বিজ্ঞানের প্রকৃত তথ্য নিহিত রয়েছে বায়ুশূন্য কাচ নলের ক্রিয়া-রহস্যের মধ্যে। কারণ, ইলেক্ট্রন বিজ্ঞানের মূল কথাই হচ্ছে বায়ুশূন্য কাচনলের বা ভ্যাকুয়াম টিউবের মধ্যে আবদ্ধ কোন পদার্থের দেহ থেকে ইলেক্ট্রন্ নির্গত করে তাদের গতি-বিধি নিয়ন্ত্রণ করে বিভিন্ন কাজে প্রয়োগ করা। এক কথায় বলতে গেলে, ঐ বিদেহী ইলেক্ট্রনের

জন্ম হয় বায়ুশূন্য কাচ-নলের মধ্যে। বিদেহী-করণ অনেক প্রকারেই সাধিত হয়ে থাকে। এমন অনেক ধাতু আছে, যাদের উপর আলোক-রশ্মি নিক্ষেপ করলে তাদের দেহ থেকে ইলেক্‌ট্রন্ নির্গত হয় এবং আলোক-

১০০—১০৩নং চিত্র—বিভিন্ন প্রকার এমিশন।

রশ্মির তিব্রতা অনুযায়ী ইলেক্‌ট্রন প্রবাহের হ্রাস বৃদ্ধি হয়ে থাকে, যে জাতীয় টিউব দ্বারা ইলেক্‌ট্রনের এইরূপ নিষ্ক্রান্তি ঘটে থাকে তাকে বলা হয় "**জ্যোতি বৈদ্যুতিক কোষ**" (Photo Tube)।

উত্তাপ দ্বারাও ইলেক্‌ট্রন্‌ বিদেহী হয়ে থাকে এবং উত্তপ্ত করার পদ্ধতিটিই সব চেয়ে সহজ। এখন কি ভাবে বিদেহী করা হয়, তার সম্বন্ধেই আলোচনা করা হবে।

১০০, ১০১, ও ১০২নং চিত্রে দেখান হয়েছে যে, জলকে উত্তপ্ত করলে জলের উপরি ভাগ থেকে যে ভাবে বাষ্প সৃষ্টি হয়, বায়ুশূন্য কাচ নলের মধ্যস্থিত কোন পদার্থকে উত্তপ্ত করলে কতকটা অনুরূপ অবস্থার সৃষ্টি হয়। বায়ুশূন্য কাচনলের মধ্যে রক্ষিত ফিলামেণ্টের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ পরিচালনার ফলে ধাতুটি উত্তপ্ত হয়ে ওঠে। উত্তাপের জন্য ধাতুর পরমাণু-গুলির মধ্যে বিরাট আলোড়নের সৃষ্টি হয় এবং পরস্পর পরস্পরের সংঘর্ষে আসায় ইলেক্‌ট্রনগুলি ধাতুর দেহের উপরি ভাগ ত্যাগ করে দেহচ্যুত হয়ে পড়ে। এখন ১০৩ নং চিত্রের ন্যায় কাচনলের মধ্যে রক্ষিত আর একটি ধাতুর পাতে বা প্লেটে যদি পজিটিভ চার্জ সংযুক্ত করা যায়, তাহলে ঐ দেহচ্যুত ইলেক্‌ট্রনগুলি প্লেটের দিকে ছুটে যায়; এই ভাবে বায়ুশূন্য কাচনলের মধ্যে বিদেহী ইলেকট্রনের জন্ম হয়।

যদি বেতার ব্যবস্থার সংস্পর্শে এসেই ইলেক্‌ট্রন-বিজ্ঞানের সাথে আমাদের ঘনিষ্ঠ পরিচয় হয়েছে, তাহলেও ইলেক্‌ট্রন বিজ্ঞানের প্রয়োগ যে কেবল বেতার প্রেরক ও গ্রাহক যন্ত্রের মধ্যেই সীমাবদ্ধ তা নয়। চিকিৎসা বিদ্যায়, ভূতত্ত্ব অধ্যয়ন, আবহাওয়া তথ্য সংগ্রহ, ফ্লুয়োরেসেণ্ট আলোক আবিষ্কার প্রভৃতিতেও ইলেক্‌ট্রনিক্‌সের অবদান কম নয়।

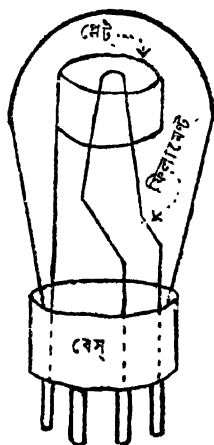
বর্ত্তমান যুগে মানুষের জীবন-যাত্রার প্রতিটি পদক্ষেপে ইলেকট্রন-বিজ্ঞান যে ভাবে প্রসার লাভ করছে, অদূর ভবিষ্যতে এযে শিল্প ও জীবন-সংস্কারের যে কোনও দুরূহ রহস্যের সমাধান করতে পারবে এ বিষয়ে কোন সন্দেহ নেই।

ফ্লেমিং ভ্যালভ বা ডায়োড ভ্যালভ (diode valve)—ব্যবহারিক ক্ষেত্রে ইলেকট্রনিক্সের যে প্রয়োগ আমরা দেখতে পাই তা কেবল সম্ভব হয়েছিল **ফ্লেমিং** কর্তৃক **ফ্লেমিং ভ্যালভ** আবিষ্কারের ফলে। কারণ, টমাস এডিসন ভ্যালভের উন্নতির জন্য কাজ আরম্ভ করেছিলেন ১৮৮৩ সালে এবং ঠিক একুশ বৎসর পরে অর্থাৎ ১৯০৪ সালে লণ্ডনে **"প্রফেসার জন এ্যাম্‌ব্রোস ফ্লেমিং"** (John Ambrose Flaming) এডিসন এফেক্টকে কাজে লাগাবার সম্ভাবনা উপলব্ধি করেছিলেন এবং এডিসন ভ্যালভকে সর্ব্বপ্রথম ডায়োড ভ্যালভে পরিণতি দান করে ফ্লেমিং ভ্যালভের আবিষ্কার করেছিলেন।

এই ফ্লেমিং ভ্যালভের আকৃতি অনেকটা এডিসন ভ্যালভের অনুরূপ। ফ্লেমিং ভ্যালভের মধ্যে ছিল একটি সরু তারের আকারের কার্ব্বন ফিলামেণ্ট, আর তার চার পাশে ছিল এলুমিনিয়াম পাতের সিলিণ্ডার। ফ্লেমিং এই নতুন ফিলামেণ্টের নাম **ক্যাথোড্‌** (cathode) আর এলুমিনিয়াম সিলিণ্ডারের নাম **এনোড্‌** বা **প্লেট** (anode or plate) দিয়েছিলেন। তিনি লক্ষ্য করেছিলেন যে, তাঁর ঐ ভ্যালভকে রেডিও সার্কিটে সংযুক্ত করার ফলে যখন প্লেটে পজিটিভ সংযোগ করা হয়, তখনই কেবল সার্কিটের মধ্য দিয়ে কারেণ্ট প্রবাহিত হয়। অর্থাৎ প্লেটের দিকে নেগেটিভ ও ক্যাথোডের দিকে পজিটিভ যোগ করলে (এ বিষয়ে পূর্ব্বে বর্ণনা করা

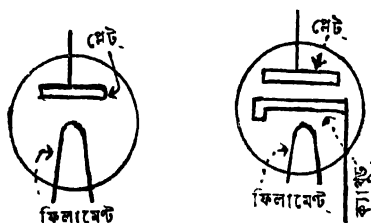
---

* শিক্ষার্থীদের সুবিধার জন্য এখানে বলে রাখা ভাল যে—এই ভ্যাকুয়াম টিউব সম্বন্ধে বিভিন্ন দেশে ভিন্ন ভিন্ন নাম করণ আছে যেমন বৃটেন (British countries) একে বলা হয় ভ্যাল্‌ভ (Valve)। কিন্তু যুক্তরাষ্ট্রে (United States) বলা হয় টিউব (Tube)। আবার স্পেন দেশীয় ভাষায় একে বলা হয় ব্যালব্‌ (Bulb)।

হয়েছে) বিদেহী ইলেকট্রনগুলি প্লেটে আকৃষ্ট হয় না। তাঁর আবিষ্কৃত ডায়োড ভ্যালভের এইরূপ ক্রিয়াকলাপ লক্ষ্য করেই **রেক্‌টিফিকেশন** (Rectification) অর্থাৎ দিক পরিবর্ত্তী বিদ্যুৎ প্রবাহকে একাভিমুখী বিদ্যুৎ-প্রবাহে (অল্টারনেটিং কারেণ্ট থেকে ডিরেক্ট কারেণ্টে) পরিণত করতে ও উচ্চ স্পন্দনজাত রেডিও ওয়েভসকে ডিটেকসন (Detection) করিয়ে ভ্যালভকে সিগ্‌ন্যাল নির্দ্দেশক (Signal Indicator) হিসাবে

১০৪নং চিত্র—ডায়োড ভ্যাল্‌ভের সংক্ষিপ্ত চিত্র।

কাজ করাতে সক্ষম হয়েছিলেন। **তাই ফ্লেমিংএর ঐ ডায়োড ভ্যালভকে সর্ব্বপ্রথম রেডিও ভ্যালভ বলা হয়।**

১০৪ নং চিত্রে একটি মডার্ণ ডায়োড (Modern Diode) অর্থাৎ দুইটি ইলেক্‌ট্রোড্ যুক্ত (প্লেট ও ক্যাথোড্) ডায়োডের আভ্যন্তরীন চিত্র দেখান হয়েছে। আর ১০৪ (ক) ও ১০৫নং চিত্রে রেডিও সার্কিটের ডায়োড ভ্যালভ অঙ্কনের জন্য যেরূপ চিহ্ন

(Symbol) ব্যবহার করা হয়, তারই অনুরূপ চিহ্ন অঙ্কন করা হয়েছে। লক্ষ্য করলে দেখতে পাব, ১০৪ (ক) নং এবং ১০৫নং চিত্রের মধ্যে পার্থক্য আছে। ১০৪(ক)নং চিত্রে ভ্যাল্-ভের ফিলামেণ্টকেই ক্যাথোড্ হিসাবে ব্যবহার করা হয়েছে কিন্তু ১০৫নং চিত্রে ক্যাথোডকে ফিলামেণ্ট থেকে পৃথক রাখা হয়েছে। কারণ, আমরা জানি সর্ব্বপ্রথম যখন ইলেকট্রন্ ভ্যালভ নির্ম্মিত হয়, তখন তার ফিলামেণ্টে টাংষ্টেন ধাতু ব্যবহৃত হতো। এই ধাতু গলিবার তাপমাত্রা ৩৪০০° সেন্টি-গ্রেড (3400°c)। প্রায় ২২০০° সেন্টিগ্রেড (2200 c) তাপ মাত্রায় এর থেকে ইলেকট্রন্ নির্গত হয়। সেই জন্য

১০৪(ক) ১০৫নং চিত্র—সার্কিটে ব্যবহৃত ডায়োডের সাঙ্কেতিক চিহ্ন যথাক্রমে ডাইরেক্টলি হিটেড-টাইপ ও ইনডাইরেক্টলি হিটেড টাইপ।

প্রথম যুগে ভ্যালভ নির্ম্মাণের সময় দীপ্ত টাংষ্টেন্ ফিলামেণ্ট ক্যাথোড্ হিসাবে ব্যবহার করা হতো। ঐ ফিলামেণ্টের উপরিভাগেই ইলেকট্রন্ নিঃসরণকারী পদার্থকে একটা প্রলেপের মত করে জমিয়ে দেওয়া হয়, তাই ফিলামেণ্টটি একই সময়ে উত্তাপ সঞ্চার ও ইলেকট্রন্ নিষ্ক্রামণের কাজ করে। সেইজন্য এইরূপ ভ্যালভকে বলা হয়, **ডাইরেক্টলি হিটেড্ টাইপ্** ভ্যালভ। কিন্তু ১০৫নং চিত্রে অঙ্কিত ডায়োড্ ভ্যালভের ক্যাথোডকে ফিলামেণ্ট থেকে একটু দূরে স্বতন্ত্র ভাবে রাখা হয়েছে। এইরূপ ভ্যালভের ফিলামেণ্ট উত্তাপ

সঞ্চার করে ও ক্যাথোড্ নিজে ইলেকট্রন্ নিষ্ক্রামনের কাজ করে। তাই এই ভ্যালভকে **ইন্‌ডাইরেক্টলি হিটেড্ টাইপ** বলা হয়।

ডাইরেক্টলি হিটেড্ ভ্যালভের বাহিরের সংযোগগুলির মধ্যে ক্যাথোডের জন্য কোন আলাদা পিন সংযোগের ব্যবস্থা থাকে না। কিন্তু ইনডাইরেক্টলি হিটেড্ টাইপের বেলায় ক্যাথোড্ সংযোগের জন্য স্বতন্ত্র ব্যবস্থা থাকে।

ভ্যাকুয়াম সৃজন সংক্রান্ত ব্যাপারে ডায়োডকে দুই ভাগে ভাগ করা হয়েছে। প্রথম হচ্ছে, হাই ভ্যাকুয়াম্ ডায়োড্ অর্থাৎ কাচনল মধ্যস্থিত বায়ু প্রায় নিঃশেষিত করা (বায়ু শূন্য) ভ্যাল্‌ভ। দ্বিতীয়টি হচ্ছে, গ্যাসপূর্ণ ভ্যাল্‌ভ অর্থাৎ বায়ুর পরিবর্ত্তে "আর্‌গন্" বা পারদ গ্যাস পূর্ণ টিউব। ভ্যাকুয়াম টিউবগুলিকে রেডিও ও এক্সরের কাজে ব্যবহার করা হয় ও গ্যাস পূর্ণ ভ্যাল্‌ভকে শিল্পের কাজে ব্যবহার করা হয়। তবে রেকটিফিকেশনের কাজে (এ-সিকে ডি-সি করার কাজে) গ্যাসপূর্ণ ভ্যাল্‌ভও ব্যবহৃত হয়।

পূর্ব্বেই বলেছি, ডায়োড্ দুইটি ইলেকট্রোড্ যুক্ত ভ্যাল্‌ভ। যদিও ইনডাইরেক্টলি হিটেড্ টাইপ ভ্যালভে তিনটি এলিমেণ্ট (প্লেট, ক্যাথোড, ফিলামেণ্ট) থাকে, সে ক্ষেত্রে ফিলামেণ্টকে কোন ইলেকট্রোড্ হিসাবে ধরা হয় না, কারণ, সেক্ষেত্রে ফিলামেণ্ট কেবল ক্যাথোডকে উত্তপ্ত করার কাজেই ব্যবহৃত হয়।

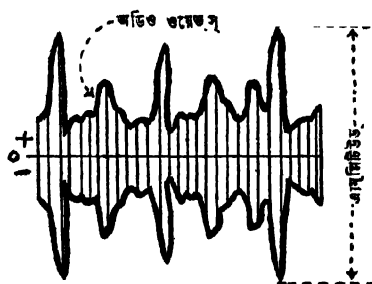
এডিসন এফেক্টের বর্ণনা করতে গিয়েই দেখান হয়েছে যে, যখনই ডায়োডের প্লেটে ডি-সি সরবরাহের (ব্যাটারীর) পজিটিভ প্রান্ত যুক্ত করা হয়, তখনই কেবল প্লেট-ক্যাথোড-সার্কিটে কারেণ্ট-প্রবাহ সঞ্চারিত হয়। আর যদি নেগেটিভ প্রান্ত যুক্ত করা হয়, তাহলে ঐ সার্কিটে কোনরূপ কারেণ্ট

প্রবাহিত হয় না। কারণ, নেগেটিভ-প্লেট ক্যাথোড্ থেকে নির্গত বিদেহী নেগেটিভ ইলেক্‌ট্রনগুলিকে আকর্ষণের পরিবর্ত্তে বিকর্ষণ করে। ফলে, মুক্ত ইলেক্‌ট্রন্‌গুলি প্লেটে আসতে পারে না। তাই প্লেট-ক্যাথোড্ সার্কিটে কোনরূপ কারেণ্ট প্রবাহ ঘটে না। ভ্যালভের মধ্য দিয়ে সব সময়ই একই দিকে ইলেক্‌ট্রিক কারেণ্ট প্রবাহিত হয় বলেই এর নাম দেওয়া হয়েছে **ভ্যালভ্**।

তাহলে দেখা যাচ্ছে, প্লেট-ক্যাথোড সার্কিটে যদি অল্টারনেটিং কারেণ্ট ভোল্টেজ সরবরাহ করা হয়, তা হলে ঐ একই অবস্থার সৃষ্টি হবে। কারণ, আমরা জানি যে—দিক-পরিবর্ত্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহ বা অল্টারনেটিং কারেণ্ট নির্দ্দিষ্ট সময়ে নির্দ্দিষ্ট মাত্রায় দিক পরিবর্ত্তন করে। এক্ষেত্রে ডায়োড সার্কিটে ঐ দিক পরিবর্ত্তী অল্টারনেটিং কারেণ্টর কেবল মাত্র পজিটিভ অল্টারনেশনই কার্য্যকরী হবে। তাই মাত্র একই দিকে কারেণ্টকে পরিচালনা করার ধর্ম্ম থাকায় ডায়োড ভ্যালভকে **রেক্‌টিফিকেশন্**-এর কাজে ব্যবহার করা হয় (সপ্তম অধ্যায় দেখুন)।

ডায়োড ভ্যাল্‌ভ্ সম্বন্ধে আলোচনা এইখানেই শেষ হত, কিন্তু ডিটেক্‌শনের কাজে ডায়োডের ব্যবহার সম্বন্ধে কিছু না বললে বিষয়টি অসম্পূর্ণ থেকে যায়। ডায়োডের ডিটেক্‌শন প্রধানতঃ সুপারহেট সেটের মধ্যেই প্রচলিত। সুপারহেট সম্বন্ধে জ্ঞান দিতে গেলে আরও অনেক কিছু আলোচনার প্রয়োজন; তবে যতটুকু সম্ভব ডায়োড ডিটেক্‌শন সম্বন্ধে একটা ধারণা গড়ে তোলবার চেষ্টা করা যাক্।

ডিটেক্‌শনের কাজে ডায়োডের ব্যবহার—শত সহস্র মাইল দূরে গান, বাজনা প্রভৃতি (অডিও ওয়েভস্) পাঠাবার জন্যে ট্রান্সমিটার যন্ত্রের মধ্যে একপ্রকার বাহক অর্থাৎ ক্যারিয়ার

মীডিয়াম (Carrier Medium) ব্যবহার করা হয়, যাকে বলা হয় রেডিও ওয়েভ্‌স্। আধুনিক যুগে ও আধুনিক রেডিও ব্যবস্থায়, ট্রান্সমিটারের মধ্যে ঐ রেডিও ওয়েভ্‌স্‌কে (সাউণ্ড ওয়েভ্‌সকে) অডিও ওয়েভ্‌সের সাথে মিশ্রিত করে মডিউ-লেটেড রেডিও ওয়েভ্‌সের সৃষ্টি করা হয়। এইরূপ মিশ্রণ প্রণালীকে বলা হয়, * **মডিউলেশন্** (Modulation)। এ্যামপ্লিচ্যুড্ মডিউলেশনে, রেডিও ওয়েভ্‌স্‌কে বলা হয় ক্যারিয়ার ওয়েভ্‌স্।

১০৬নং চিত্র—চিত্রে মোটালাইন দ্বারা অডিও ওয়েভসকে ও সরু লাইন দ্বারা রেডিও ওয়েভসকে অঙ্কন করা হয়েছে।

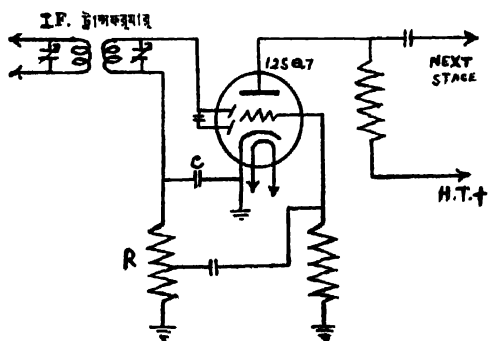
এই ক্যারিয়ার ওয়েভ্‌স্ বা রেডিও ওয়েভ্‌সের ফ্রিকোয়েন্সি অসিলেশন, এক কথায় যাকে বলা হয় রেডিও ফ্রিকোয়েন্সি অসিলেশন (Radio Frequency Oscillation) ১০৬নং চিত্রে অঙ্কিত অডিও ওয়েভসের ফ্রিকোয়েন্সির এ্যাম্‌প্লিচ্যুড অনুযায়ী ওঠা নামা করে। এই ফ্রিকোয়েন্সি এত উচ্চ স্পন্দনজাত (High Frequency) যে মনুষ্য কর্ণে তা শ্রুত হয় না, এমন কি, তাদের ঐ ইলেকট্রিক্যাল অসিলেশন (Electrical

* মডিউলেশনকে এই ভাবে ব্যাখ্যা করা হয়—Modulation is the process in which the amplitude of radio waves are varied in accordance with the signal waves or audio waves.

Oscillation) থেকে মেকানিক্যাল ভাইব্রেশনে (Mechanical Vibration) রূপান্তরিত করলেও নয়।

তাই আমাদের গ্রাহকযন্ত্রে বা রিসিভারে ঐ উচ্চ স্পন্দন-জাত মডিউলেটেড ক্যারিয়ার ওয়েভ্‌স্ থেকে পুনরায় অডিও ফ্রিকোয়েন্সিকে পৃথক বা **ডি-মডিউলেট** করার প্রয়োজন হয়—যাতে শ্রোতারা ট্রান্সমিটারের মধ্যে রেডিও ওয়েভ্‌সের সাথে মিশ্রিত সাউণ্ড-ওয়েভস (অডিও ওয়েভসকে) পুনরায় শুনতে পায়। এইরূপ ডি-মডিউলেশন প্রণালীকে (De-modulation Process) বলা হয় **ডিটেক্‌শন** (Detection)। এক কথায় ডিটেকশন বলতে বুঝায় উচ্চ-স্পন্দনজাত ক্যারিয়ার ওয়েভসের উভয় দিকের এক দিক (Half cycle) আলাদা করে দেওয়া ও সেই সাথে অডিও ওয়েভসকে রেডিও ওয়েভস থেকে আলাদা করে ফেলা, আর সার্কিটের যে অংশ ঐ রেডিও ওয়েভস থেকে অডিও ওয়েভ্‌সকে পৃথক করে এবং কেবল মাত্র ঐ অডিও বা সিগন্যাল ওয়েভস অনুযায়ী কাজ করে তাকে বলা হয় **ডিটেকটর**। (অষ্টম অধ্যায় দেখুন)

এই ডিটেকশনের কাজে যে সমস্ত ডায়োড টিউব ব্যবহার করা হয়, সেগুলি হাই-ভ্যাকুয়াম ডায়োড। ১০৭নং চিত্রে সুপারহেট্ সেটে কি ভাবে রেডিও ফ্রিকোয়েন্সি ডিটেকশন করা হয় তা দেখান হয়েছে। পূর্ব্বেই বলেছি, ডায়োড ডিটেকশন সাধারণতঃ সুপারহেট্ সেটে প্রচলিত। কারণ, এরিয়াল থেকে যে সিগন্যাল পাওয়া যায়, তার ভোল্টেজ্ এত কম যে, তাকে ডিটেকশন করে পরবর্ত্তী ষ্টেজের উপযোগী করা যায় না। সুপারহেট সেটে ডায়োডের আগে অনেকগুলি ষ্টেজ থাকায় ডায়োডের প্লেটে প্রচুর ভোল্টেজ্ পাওয়া যায়, তাই ডিটেকশনের কাজও ভাল হয়। চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব, একটি 12SQ7 টিউবকে

ডিটেশনের কাজে ব্যবহার করা হয়েছে। এই টিউবকে বলা হয়, **টুইন্ ডায়োড্ হাই মিউ ট্রায়োড্** (Twin Diode-High MU. Triode)। তাই এ একাধারে ডিটেকশন ও এ্যামপ্লিফিকেশনের কাজ করে। চিত্রে অঙ্কিত ইন্‌টারমিডিয়েট ফ্রিকোয়েন্সি (I F.) ট্রান্সফরমারের, সেকেণ্ডারীর এক প্রান্ত ডায়োডের প্লেটে ও অপর প্রান্ত একটি রেজিষ্ট্যান্সের R (এ ক্ষেত্রে Volume Control) মারফৎ নেগেটিভ প্রান্তে যুক্ত করা হয়েছে। চিত্রে Cকে রিজারভার (Reservoir) ও Rকে লোড হিসাবে কাজ করান হচ্ছে।

১০৭নং চিত্র—ডায়োড ডিটেকশন। এখানে সুপারহেট সেটে ব্যবহৃত টুইন ডায়োড হাই মিউ ট্রায়োড যুক্ত ডিটেকটর ও এ্যামপ্লিফায়ার ষ্টেজের অংশ বিশেষ অঙ্কন করে দেখান হয়েছে।

এখানে Cএর পরিমাণ এমন ভাবে রাখা হয়ে থাকে যে, তা রেডিও ফ্রিকোয়েন্সি ভোল্টেজের পিক পয়েণ্টে চার্জ গ্রহণ করতে পারে।

টিউনিং সার্কিটের পর যখন ডায়োডে সিগন্যাল ভোল্টেজ এসে পড়ে তখন ডায়োড তার ধর্ম্ম অনুযায়ী কাজ করে অর্থাৎ কেবল পজিটিভ হাফ-সাইক্লএর বেলায়ই Rএর উপর

ভোল্টেজ দেখা যায় আর নেগেটিভ হাফ-সাইক্লের বেলায় কোনরূপ ভোল্টেজ পরিবর্ত্তন দেখা যায় না। ফলে রেডিও ফ্রিকোয়েন্সি অসিলেশনের নেগেটিভ অল্টারনেশন নষ্ট হয়ে গিয়ে কেবল পজিটিভ অল্টারনেশন কাজ করে। এখন বাকী থাকে হাই-ফ্রিকোয়েন্সি ক্যারিয়ারকে অডিও থেকে আলাদা করে ফেলা। Cএর পরিমাণ এমন ভাবে নির্দ্দিষ্ট করে রাখা হয়েছে যে, হাই-ফ্রিকোয়েন্সি অনুযায়ী তা চার্জ হয়, ফলে রেডিও ফ্রিকোয়েন্সি (r-f) ফিল্টার হয়ে যায় এবং অডিও ভোল্টেজের তারতম্য অনুযায়ী প্লেট-ক্যাথোড সার্কিটে প্লেট-কারেন্টের প্রবাহ ঘটে ও Rএর (লোডের) অ্যাক্রসে পরিবর্ত্তনশীন কারেন্ট (এসি) অনুযায়ী ভোল্টেজের হ্রাস বৃদ্ধি ঘটে ও পরে ঐ ভোল্টেজকে এ্যাম্প্লিফিকেশনের সাহায্যে পরবর্ত্তী টিউবের গ্রিডে উপস্থিত করা হয়।

C ও R এর পরিমাণ ঠিক মত হওয়া চাই কারণ, C এর পরিমাণ বেশী হয়ে গেলে বা সেই অনুপাতে R বেশী হয়ে গেলে হাই-ফ্রিকোয়েন্সির সঙ্গে অডিও ভোল্টেজের কিছুটা অংশ ফিল্টার হয়ে যেতে পারে। সাধারণতঃ ৬০০ kc থেকে ১০০০ kc. পর্য্যন্ত ডিটেকশনের জন্য C এর পরিমাণ .০০০১ থেকে '০০০৩ μfd হয়ে থাকে ও R এর পরিমাণ '২৫ থেকে '৫ মেগ-ওম্স্ হয়ে থাকে।

ট্রায়োড টিউব—ডায়োড আবিষ্কারের মূলেই যে কেবল রেডিও জগতের উন্নতি সাধিত হয়েছিল তা নয়, রেডিও অসিলেশনের সাহায্যে ইলেক্‌ট্রোম্যাগনেটিক ওয়েভস সৃষ্টির মূলে **ডাঃ লি, ডি, ফরেষ্ট** (Dr. Lee De Forest) এর অবদানও কম নয়।

১৯০৫ সালে আমেরিকান বৈজ্ঞানিক **ডাঃ লি, ডি, ফরেষ্ট** তিনটি এলিমেণ্ট-যুক্ত অডিয়ন টিউব (Audion Tube)

আবিষ্কার করে শব্দ-তরঙ্গ (গান, বাজনা প্রভৃতি) প্রেরণে সমর্থ হয়েছিলেন। তাঁর ঐ টিউব মধ্যস্থিত এলিমেণ্টগুলি যথাক্রমে ফিলামেণ্ট, প্লেটে ও—১০৯নং চিত্রের ন্যায় সরু তারের জালের আকৃতি এক প্রকার এলিমেণ্ট, যার নাম দিয়েছিলেন গ্রিড।

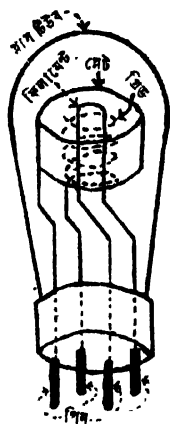
ডাঃ লিঃ, ডি, ফরেষ্ট

জন্ম ১৮৭৩সাল।

১৯০৬ সালে সর্ব্ব প্রথম ডাঃ ফরেষ্ট তাঁর নূতন আবিষ্কারের দ্বারা নিজস্ব কণ্ঠস্বর প্রেরণ করে জগতের মধ্যে এক আলোড়নের সৃষ্টি করেছিলেন। তাঁর এই অদ্ভুত আবিষ্কারের জন্যই তাঁকে বলা হয়, আধুনিক রেডিওর জনক (Father of Modern Radio)

১৯১৩ সালে তিনি, ডি ফরেষ্ট রেডিও টেলিফোন এণ্ড টেলিগ্রাফ কোম্পানীকে রেডিও টিউবের উন্নতি সাধক ও প্রস্তুত কারক বলে প্রচার

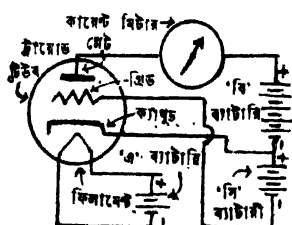
করেছিলেন এবং পরে আটলান্টিক এবং প্যাসিফিক তটের মধ্যে রেডিও টেলিগ্রাফির ব্যবস্থা করেছিলেন।

যদিও ডি ফরেষ্টই প্রথম রেডিওর সাহায্যে কথাবার্ত্তার ব্যবস্থা করেছিলেন, কিন্তু জগতের মধ্যে সর্ব্বপ্রথম ব্রডকাষ্ট ষ্টেশন স্থাপন করেছিল ১৯২০ সালে আমেরিকার ওয়েষ্টিং হাউস ইলেকট্রিক এণ্ড ম্যানুফ্যাকচারিং কোম্পানী— যা এখনও পিটসবার্গে অবস্থিত "KDKA" নামে পরিচিত।

১০৯নং চিত্র—একটি ট্রায়োড টিউবের সংক্ষিপ্ত চিত্র।

ট্রায়োড টিউব (Triode Tube)—ট্রায়োড টিউবে গ্রিডের জন্য আলাদা ব্যবস্থা থাকে এবং গ্রিডকে প্লেট ও ফিলামেণ্টের মধ্যস্থলে এমন অবস্থায় রাখা হয় যেন উভয়ের মধ্যে বেশ কিছুটা ব্যবধান থাকে। ১১০নং চিত্রে ট্রায়োড টিউব দ্বারা একটি সার্কিট অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। লক্ষ্য করলে দেখতে পাব যে, প্লেট, গ্রিড ও হিটারকে (ফিলামেণ্টকে) ভোল্টেজ সরবরাহের জন্য যথাক্রমে তিনটি ব্যাটারী পৃথক্ পৃথক্ ভাবে ব্যবহার করা হয়েছে। ফিলামেণ্ট সার্কিটে ব্যবহৃত ব্যাটারীকে সাধারণতঃ বলা হয় "এ" ব্যাটারী; কারণ,

ফিলামেণ্ট সার্কিটকে বলা হয় "এ" সার্কিট আর ফিলামেণ্ট সার্কিটের ভোল্টেজকে বলা হয় "এ" ভোল্টেজ।

"বি" ব্যাটারীকে প্লেট-সার্কিটে ব্যবহার করা হয়েছে। সাধারণতঃ প্লেট সার্কিটকে "বি" সার্কিট বলা হয় বলেই প্লেট সার্কিটে ব্যবহৃত ভোল্টেজকে বলা হয় "বি" ভোল্টেজ।

তৃতীয় ব্যাটারীকে গ্রিড সার্কিটে ব্যবহার করার জন্যই "সি" ব্যাটারী বলা হয়। কারণ গ্রিড ভোল্টেজকে বলা হয় "সি" ভোল্টেজ। তবে অনেক টেকনিসিয়ান্ নিজেদের কাজের সুবিধার জন্য "এ" ভোল্টেজ, "বি" ভোল্টেজ ও "সি" ভোল্টেজের পরিবর্ত্তে যথাক্রমে হিটার-ভোল্টেজ, প্লেট ভোল্টেজ ও গ্রিড-ভোল্টেজ বলে থাকেন।

১৯০নং চিত্র—ট্রায়োড টিউব যুক্ত সার্কিট।

এখানেও ডায়োডের ন্যায় প্লেট ক্যাথোড সার্কিটে কারেণ্ট প্রবাহের জন্য প্লেটকে ব্যাটারীর পজিটিভ ও ক্যাথোডকে ব্যাটারীর নেগেটিভে যুক্ত করা হয়। হিটারের দুই প্রান্তে ব্যাটারী সংযোগ থাকায় হিটার উত্তপ্ত হয়ে উঠে, ফলে ক্যাথোড থেকে ইলেক্ট্রন নির্গত হতে থাকে। আর প্লেট, ক্যাথোডের তুলনায় পজিটিভ ভোল্টেজে থাকায় বিদেহী ইলেক্ট্রনগুলিকে আকর্ষণ করে। কিন্তু প্লেটের আকর্ষণে ক্যাথোড থেকে প্লেটের দিকে প্রবাহিত ইলেক্টনের প্রবাহ

পথে গ্রিড থাকায় গ্রিড কিছু না কিছু কাজ করবে। চিত্র (১১০নং) লক্ষ্য করলে দেখতে পাব, গ্রিড-ভোল্টেজ ব্যাটারীর পজেটিভ প্রান্ত ক্যাথোডের সাথে ও নেগেটিভ প্রান্ত গ্রিডের সাথে সংযুক্ত আছে। এর কারণ হচ্ছে, গ্রিডকে ক্যাথোডের তুলনায় নেগেটিভ করে রাখার ফলে ক্যাথোড থেকে নির্গত ও প্লেটের দিকে প্রবাহিত ইলেকট্রনগুলিকে বিকর্ষণ করবে বা বাধা দিবে।

পূর্ব্বেই বলেছি গ্রিড কোন নিরেট বস্তু (Solid element) নয়, এক প্রকার সরু তারের জাল বিশেষ। গ্রিড সার্কিটে ব্যবহৃত ব্যাটারীর চেয়ে প্লেট সার্কিটের ব্যাটারীর ভোল্টেজ বেশী হয়ে থাকে (সাধারণতঃ ৪৫ থেকে ২৫০ ভোল্ট)।

প্লেট ক্যাথোডের তুলনায় হাই-পজিটিভ পোটেন্‌শিয়ালে (High Positive Potential) থাকায় ও গ্রিড নিরেট বস্তু না হওয়ায়, সরু তারের কুণ্ডলী করা গ্রিডের মধ্য দিয়ে কিছু পরিমাণ ইলেক্‌ট্রন প্লেটে এসে উপস্থিত হয় ও প্লেট ক্যাথোড সার্কিটে কারেন্টের সৃষ্টি করে ; ফলে, মিটারটি প্লেট-সার্কিটের ইলেকট্রন-প্রবাহের নির্দ্দেশ দেয়। একটি নির্দ্দিষ্ট প্লেট ভোল্টেজে ডায়োড টিউবের প্লেট-ক্যাথোড সার্কিটে যে পরিমাণ কারেন্ট প্রবাহ পাওয়া যায়, তার তুলনায় ট্রায়োড টিউবের প্লেট-ক্যাথোড সার্কিটের কারেন্ট খুব কম হয়। কারণ, গ্রিড ক্যাথোডের তুলনায় নেগেটিভ চার্জযুক্ত থাকায় বিদেহী ইলেকট্রনগুলিকে বিকর্ষণ করে, ফলে খুব কম পরিমাণ ইলেকট্রন্ প্লেটে এসে উপস্থিত হয়। তাই খুব বেশী কারেন্ট পাবার জন্যে প্লেটে খুব উচ্চ ভোল্টেজের (Very high Voltage) ব্যবস্থা করা হয়।

আর যদি গ্রিডের ভোল্টেজকে বৃদ্ধি করা হয় অর্থাৎ যদি "সি" ব্যাটারীকে পরিবর্ত্তন করে আরও উচ্চ ভোল্টেজ বিশিষ্ট

ব্যাটারী গ্রিড সার্কিটে যুক্ত করা হয়, তাহলে ক্যাথোডের তুলনায় গ্রিডের নেগেটিভ ভোল্টেজ আগের চেয়ে আরও বেড়ে গিয়ে বিকর্ষণ শক্তি বৃদ্ধি পায়, ফলে, পূর্ব্বের তুলনায় আরও কম পরিমাণ ইলেকট্রন প্লেটে এসে উপস্থিত হয় ও প্লেট-কারেণ্টের পতন ঘটে।

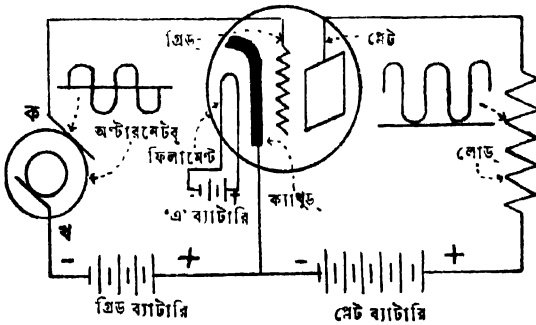
আবার যদি গ্রিড-ভোল্টেজ বৃদ্ধি না করে কম ভোল্টেজ যুক্ত ব্যাটারীকে সংযুক্ত করে গ্রিডের ভোল্টেজকে আরও কমিয়ে দেওয়া যায়, তাহলে ক্যাথোডের তুলনায় গ্রিডের নেগেটিভ ভোল্টেজ পূর্ব্বের চেয়ে কম হওয়ায় বিকর্ষণ শক্তি কমে যায়। ফলে, প্লেটের দিকে প্রবাহিত ইলেকট্রনের পরিমাণ বেড়ে গিয়ে প্লেট-কারেণ্ট বৃদ্ধি পায়।

এই ভাবে প্লেট-ক্যাথোড সার্কিটে প্রবাহিত কারেণ্টকে কণ্ট্রোল গ্রিডের সাহায্যে নিয়ন্ত্রণ করা হয়। আর কণ্ট্রোল গ্রিডের ভোল্টেজ পরিবর্ত্তন করে তার অনুরূপ পরিবর্ত্তনশীল কারেণ্ট প্লেট সার্কিটে পাওয়া যায়।

মনে রাখতে হবে যে, গ্রিড যখন ক্যাথোডের তুলনায় নেগেটিভ তখন ক্যাথোড থেকে নির্গত কোন ইলেকট্রনকে আকর্ষণ করে না। ফলে গ্রিড সার্কিটে কোনরূপ কারেণ্ট প্রবাহিত হয় না। তাই কারেণ্ট যখন প্রবাহিত হয় না, গ্রিড ভোল্টেজ থেকে কোনরূপ শক্তিও (Power) পাওয়া যায় না, কেবল কিছুটা ভোল্টেজের প্রয়োজন হয়।

কিন্তু "বি" ব্যাটারী থেকে প্লেট-সার্কিটে প্রয়োজনীয় পাওয়ার সরবরাহ করা যায়: কারণ, প্লেট-সার্কিটে কারেণ্ট প্রবাহিত হওয়ার জন্যই 'পাওয়ার' এসে উপস্থিত হয়। অতএব এক কথায় ট্রায়োডকে ভ্যালভ বলা যেতে পারে, যা পাওয়ারকে নিয়ন্ত্রণ (কণ্ট্রোল) করার কাজে সাহায্য করে। কিন্তু পাওয়ার কণ্ট্রোল হিসাবে কাজ করার জন্য তার নিজের

কন্ট্রোল সার্কিটে কোনরূপ পাওয়ারের দরকার হয় না। কাজে কাজেই দেখা যাচ্ছে এটা একটা খুব সূক্ষ্ম কার্য্যক্রম (Sensitive) সার্কিট—কারণ অতি দুর্ব্বল রেডিও সিগ-ন্যালকে নিজে গ্রহণ করে ও তার স্পন্দন বা ফ্রিকোয়েন্সি অনুযায়ী হাই-ভোল্টেজ ব্যাটারী (বি-ব্যাটারী) থেকে প্রবাহিত প্লেট কারেন্টকে নিয়ন্ত্রণ করে।

এ পর্য্যন্ত আমরা পেলাম যে কিভাবে ট্রায়োডকে হাই-ভোল্টেজ থেকে প্রবাহিত কারেন্টকে নিয়ন্ত্রনের কাজে ব্যবহার করা হয়। এখন দেখা যাক্, কেমন করে ট্রায়োডকে বিভিন্ন কাজে লাগাতে পারি ও তার ফলাফল কি হয়।

১১১নং চিত্র—এ্যামপ্লিফিকেশন সার্কিটে ব্যবহৃত ট্রায়োড টিউব।

এ্যামপ্লিফিকেশনের কাজে ট্রায়োডের ব্যবহার— ১১১নং চিত্রে একটি ট্রায়োড টিউবের গ্রিড-সার্কিটে একটি অল্টারনেটরকে গ্রিড-ব্যাটারীর সাথে সিরিজে যুক্ত করা হয়েছে। প্লেট সার্কিটে একটি রেজিষ্ট্যান্সকে মিটারের বদলে ব্যবহার করা হয়েছে। একে বলা হয় প্লেট-লোড-রেজিষ্ট্যান্স। অল্টারনেটরকে গ্রিড-সার্কিটে অল্টারনেটিং কারেন্ট সরবরাহের জন্য ব্যবস্থা করা হয়েছে। তবে অল্টারনেটরের বদলে

এরিয়াল থেকে পাওয়া রেডিও সিগ্‌ন্যালের অল্টারনেটিং কারেন্টকেও ব্যবহার করা যায় আবার মাইক্রোফোন থেকে পাওয়া অল্টারনেটিং কারেন্টকেও ব্যবহার করা যেতে পারে।

অল্টারনেটরের প্রতিটি পজিটিভ অল্টারনেশনে চিত্রের "ক" বিন্দু হয় পজিটিভ ও "খ" বিন্দু হয় নেগেটিভ। এক্ষেত্রে অল্টারনেটরকে যখন ব্যাটারীর সাথে সিরিজ ভাবে রাখা হয়েছে, তখন গ্রিডের ভোল্টেজ, অল্টারনেটরের আউট-পুট ভোল্টেজ ও ব্যাটারী-ভোল্টেজের যোগফলেব সমান অথবা বিয়োগ ফলের সমান হবে। যেমন, প্রতিটি পজিটিভ অল্টারনেশনে অল্টারনেটরের আউট-পুট ভোল্টেজ ব্যাটারী-ভোল্টেজকে কমিয়ে দিয়ে (দুইটি ভোল্টেজের বিয়োগফলের সমান) প্লেট কারে॰কে বাড়িয়ে দেয়: আবার প্রতিটি নেগেটিভ অল্টারনেশনে "ক" বিন্দু হবে নেগেটিভ ও "খ" বিন্দু হবে পজিটিভ। এক্ষেত্রে দুইটি ভোল্টেজ এক-ধর্ম্মী হওয়ায় গ্রিডের নেগেটিভ ভোল্টেজ বৃদ্ধি পায় (দুইটি ভোল্টেজের যোগফলের সমান); ফলে. পূর্ব্বের তুলনায় প্লেট কারেণ্ট কমে যায়।

উদাহরণ স্বরূপ—যদি অল্টারনেটর থেকে ১ ভোল্ট পাওয়া যায় এবং ব্যাটারীর ভোল্টেজ হয় ৩ ভোল্ট, তাহলে অল্টারনেটরের প্রতিটি পজিটিভ অল্টারনেশনে গ্রিডের ভোল্টেজ হবে (৩—১) ২ ভোল্ট নেগেটিভ আবার প্রতিটি নেগেটিভ অল্টারনেশনে গ্রিড ভোল্টেজ হবে (৩+১) ৪ ভোল্ট নেগেটিভ।

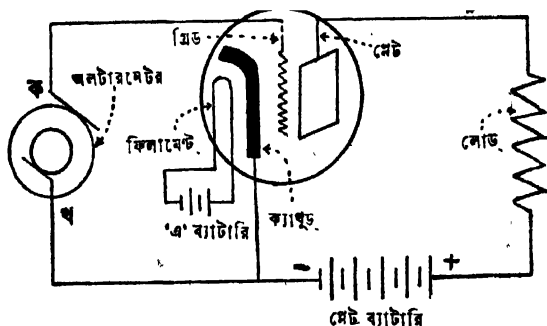
তাহলে দেখা যাচ্ছে অল্টারনেটরকে গ্রিড ব্যাটারীর সাথে সিরিজ ভাবে রাখায়, অল্টারনেটরের আউট-পুট ভোল্টেজ ক্রমান্বয়ে পজিটিভ ও নেগেটিভ হওয়া সত্ত্বেও গ্রিড সব সময়ই

ক্যাথোডের তুলনায় নেগেটিভ ভোল্টেজে থাকে, তবে পর্য্যায়ক্রমে একবার কম নেগেটিভ আবার বেশী নেগেটিভ চার্জ্জযুক্ত হয়। গ্রিড যখন বেশী নেগেটিভ হয় তখন প্লেট কারেণ্ট কমে যায়: কারণ নেগেটিভ গ্রিডের বিকর্ষণ শক্তি বেড়ে গিয়ে কম পরিমাণ ইলেকট্রনকে প্লেটের দিকে প্রবাহের জন্য পথ দেয়। আবার গ্রিড যখন কম নেগেটিভ হয় তখন প্লেট কারেণ্ট বেড়ে যায়, কারণ গ্রিড পূর্ব্বের তুলনায় কম নেগেটিভ হওয়ায়, বেশী সংখ্যক ইলেকট্রনকে প্লেটের দিকে প্রবাহিত হতে দেয়।

প্লেট কারেণ্টকে প্রবাহের সময় "প্লেট-লোডের" মধ্য দিয়ে যেতে হয়, ফলে প্লেট কারেণ্ট বৃদ্ধি পাবার সঙ্গে সঙ্গেই লোডের অ্যাক্রসে ভোল্টেজও বৃদ্ধি পায়। আবার যখন প্লেট কারেণ্ট কম হয়, তখন লোডের অ্যাক্রসে ভোল্টেজও কমে যায়। এক্ষেত্রে প্লেটে হাই-টেন্সান-ভোল্টেজ (H. T. Voltage) থাকার জন্য প্লেট কারেণ্টও খুব বেশী হয়ে থাকে (প্রায় কয়েক মিলি এ্যাম্পিয়ারের সমান) : ফলে, লোডের অ্যাক্রসে ভোল্টেজও বেশী হয়।

এখানে বিশেষ ভাবে মনে রাখতে হবে যে, গ্রিড-সার্কিটের অরিজিন্যাল সিগন্যাল ভোল্টেজ (এ ক্ষেত্রে অল্টারনেটরের আউট-পুট ভোল্টেজ) কখনও টিউবের প্লেট সার্কিটে এসে পৌঁছায় না। প্রকৃত পক্ষে, অন্য একটি পাওয়ার সাপ্লাইকে (প্লেট ভোল্টেজকে) নিয়ন্ত্রণের কাজ করে। ফলে, প্লেট লোডের অ্যাক্রসে যে সিগন্যাল পাওয়া যায় তা অরিজিন্যাল সিগন্যাল ভোল্টেজের (Original Signal Voltage) অনুরূপ এবং অধিক শক্তি সম্পন্ন অর্থাৎ লোডের অ্যাক্রসের অরিজিন্যাল সিগন্যাল ভোল্টেজের এ্যামপ্লিচ্যুড গ্রিডের অরিজিন্যাল সিগ-ন্যালের চেয়ে বেশী। এক কথায় একে বলে **এ্যামপ্লিফায়েড**

সিগন্যাল ; কারণ প্লেট সাপ্লাই থেকে এমন এক নূতন সিগন্যাল পাওয়া যায়, যা গ্রিড সিগন্যালের চেয়ে অধিক শক্তি সম্পন্ন।

ট্রায়োড টিউবের গ্রিড পোটেনশিয়াল—যতক্ষণ পর্য্যন্ত গ্রিড, ক্যাথোডের তুলনায় নেগেটিভ ভোল্টেজ বা নেগেটিভ পোটেনশিয়ালে (Negative Potential) থাকে ততক্ষণ সিগন্যাল সোর্স (Signal Source) থেকে কোন রূপ পাওয়ার গ্রহণ করে না, এ কথা পূর্ব্বেই বলেছি। এখন দেখা যাক যদি গ্রিডকে ক্যাথোডের তুলনায় পজিটিভ হওয়ার

১১২নং চিত্র—এ্যামপ্লিফিকেশন সার্কিটে ব্যবহৃত ট্রায়োড টিউব। এক্ষেত্রে গ্রিড ব্যাটারীর বদলে কেবল মাত্র অল্টারনেটরের এক প্রান্ত গ্রিডে ও অপর প্রান্ত ক্যাথোডে যুক্ত করে গ্রিডকে পজিটিভ পোটেনশিয়ালের সুযোগ দেওয়া হয়েছে।

সুবিধা দেওয়া যায় অর্থাৎ ১১১নং চিত্রের গ্রিড ব্যাটারীকে তুলে নিয়ে ১১২নং চিত্রের ন্যায় কেবল মাত্র অল্টারনেটরের এক প্রান্ত গ্রিডে ও অপর প্রান্ত ক্যাথোডে যুক্ত করা যায়, তাহলে তার ফলাফল কি হয়।

অল্টারনেটরের প্রতিটি নেগেটিভ অল্টারনেশনে (যখন চিত্রের "ক" বিন্দু হয় নেগেটিভ ও "খ" বিন্দু হয় পজিটিভ) গ্রিড ক্যাথোডের তুলনায় নেগেটিভ হওয়ায় পূর্ব্বের বর্ণনা

অনুযায়ী ইলেকট্রনগুলিকে বিকর্ষণ করে এবং বেশী নেগেটিভ চার্জযুক্ত হওয়ার ফলে প্লেট-কারেন্ট অত্যন্ত কমে যায়। আর গ্রিড সার্কিটে কোনরূপ কারেন্ট প্রবাহিত না হওয়ায় পাওয়ারের দরকার হয় না।

কিন্তু প্রতিটি পজিটিভ অল্টারনেশনে (যখন চিত্রের "ক" বিন্দু হয় পজিটিভ ও "খ" বিন্দু হয় নেগেটিভ) গ্রিড ক্যাথোডের তুলনায় পজিটিভ চার্জযুক্ত হয় ও ক্যাথোড থেকে নির্গত ইলেকট্রনকে আকর্ষণ করে। ফলে, কিছু পরিমাণ ইলেকট্রন গ্রিডের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়ে প্রথমে অল্টারনেটরের মধ্য দিয়ে ক্যাথোডে এসে উপস্থিত হয় এবং গ্রিড সলিড এলিমেন্ট না হওয়ায় অধিক পরিমাণ ইলেকট্রন্ গ্রিডের কুণ্ডলী করা তারের মধ্য দিয়ে প্লেটের দিকে প্রবাহিত হয়। এক্ষেত্রে গ্রিড নিজেই তাদের গতি বৃদ্ধি করে দেয় কারণ, সে নিজেই পজিটিভ। সুতরাং গ্রিড় নেগেটিভ হওয়ার ফলে যে গতিতে ইলেকট্রন্ প্লেটের দিকে প্রবাহিত হয়, গ্রিড পজিটিভ হলে ইলেকট্রনের গতি তার তুলনায় অতি দ্রুত (High Velocity) হয়; আর প্লেট কারেন্টও অধিক মাত্রায় বৃদ্ধি পায়।

এইরূপ সার্কিটের কার্য্যকারিতা যদিও পূর্ব্বের বর্ণিত সার্কিটের (ব্যাটারীযুক্ত সার্কিটের) অনুরূপ, তবু পার্থক্যের মধ্যে এক্ষেত্রে গ্রিড সার্কিটে কারেন্ট প্রবাহিত হয়, ফলে কিছুটা পাওয়ার ব্যয় হয়। কারণ যদি গ্রিড সিগন্যাল সোর্স (এখানে অল্টারনেটর) নিজেই রেজিষ্ট্যান্সের আকৃতি ধারণ করে, তাহলে গ্রিড সার্কিটে কারেন্ট প্রবাহের জন্য গ্রিড-সিগ্ন্যাল-সোর্সের রেজিষ্ট্যান্সের মধ্যে কিছুটা ভোল্টেজ ড্রপ ঘটে, ফলে গ্রিড-ক্যাথোড সার্কিটের প্রকৃত ভোল্টেজ কমে যায়। আর ভোল্টেজ-ড্রপ ঘটবার কাজে (কমে যাওয়ার কাজে) কিছুটা পাওয়ার ব্যয় হয়।

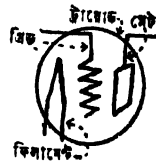
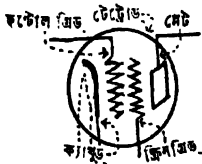
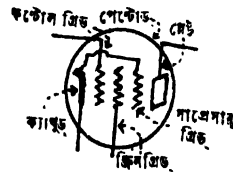
লক্ষ্য করলে দেখতে পাব যে, কেবল মাত্র প্রতিটি পজিটিভ অল্টারনেশনের বেলায়ই বাধা পেয়ে সিগন্যালের Strength বা Amplitude কমে যাচ্ছে, ফলে, পজেটিভ অল্টারনেশনের আকৃতি নেগেটিভ অল্টারনেশনের চেয়ে ছোট হয়ে পড়ে এবং প্লেট কারেন্টের বেলায়ও পজিটিভ অল্টারনেশনের ফলে যে পরিমাণে প্লেট কারেন্ট বৃদ্ধি পায়, নেগেটিভ অল্টারনেশনে তার তুলনায় অধিক পরিমাণে হ্রাস পেয়ে থাকে। ফলে, লোডের অ্যাক্রসে যে সিগন্যাল এসে উপস্থিত হয় তার নেগেটিভ অল্টারনেশন, পজিটিভ অল্টারনেশনের চেয়ে আকৃতিতে অনেক বড় হয়ে পড়ে।

লোডের অ্যাক্রসের এই এ্যাম্প্লিফায়েড সিগন্যাল অল্টারনেটরের অরিজিন্যাল সিগন্যালের (Original signal) অনুরূপ না হওয়ায় ডিস্‌টরশন দেখা দেয়। এই ডিস্‌টরশনের উদ্ভব হয়, কেবল মাত্র গ্রিডের পজিটিভ অল্টারনেশনে গ্রিড সার্কিটে কারেন্ট প্রবাহের ফলে। তা হলে এক কথায় বলা যেতে পারে যে, যখনই গ্রিড ক্যাথোডের তুলনায় পজিটিভ হয়, তখনই গ্রিড সার্কিটে পাওয়ার ব্যয় হয়, ফলে ডিস্‌টরশন এসে উপস্থিত হয়।

এ্যামপ্লিফায়ার সার্কিটে ডিসটরশন যত কম হয় ততই ভাল। তাই টিউবের গ্রিডকে ক্যাথোডের তুলনায় সব সময়ই নেগেটিভ পোটেনশিয়ালে রাখা হয় এবং সেই জন্যই এ্যাম্প্লিফায়ার টিউবের গ্রিড সার্কিটে গ্রিড ব্যাটারী ব্যবহার করা হয়।

গ্রিডকে নেগেটিভ পোটেনশিয়ালে রাখার জন্য গ্রিড ব্যাটারী ছাড়াও আর এক উপায় অবলম্বন করা যায়। যে উপায়ে ঐ গ্রিডকে ক্যাথোডের তুলনায় নেগেটিভ পোটেনশিয়ালে রাখা হয় তারও বিভিন্ন নামকরণ আছে

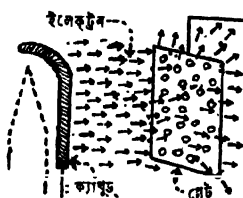
যেমন—'সি-বায়াস" (C-bias), "সি-ভোল্টেজ" (C-voltage) এবং "গ্রিড-ভোল্টেজ" (Grid voltage) ইত্যাদি।

রেডিও টিউবের ক্রমোন্নতি সাধন—এ পর্য্যন্ত রেডিও টিউবের আবিষ্কার, কার্য্যকারিতা ও বিদেহী-করণ সম্বন্ধে বলা হলো এবং রেডিও টিউব বলতে কেবল ডায়োড আর ট্রায়োড টিউবকেই পেলাম। কিন্তু ডায়োড

১১৩—১১৬নং চিত্র—চার প্রকার টিউব বা ভ্যালভ যথা—ডায়োড, ট্রায়োড, টেট্রোড ও পেণ্টোড।

আর ট্রায়োডই রেডিও টিউবের শেষ পরিচয় নয়, আরো কয়েকটি পরিচয় আছে। রেডিও টিউবকে ১১৩নং থেকে ১১৬নং চিত্রের ন্যায় সাধারণতঃ চার ভাগে ভাগ করা হয়েছে, যেমন—**ট্রায়োড**, (Diode) **ট্রায়োড**, (Triode) **টেট্রোড**, (Tetrode) **পেণ্টোড** (Pentode)। এখন শেষোক্ত দুইটির অর্থাৎ টেট্রোড ও পেণ্টোড এর গঠন

প্রণালী ও উপকারিতা সম্বন্ধে বলা হবে। তার আগে টিউব মধ্যস্থিত কয়েকটি প্রয়োজনীয় বিষয় নিয়ে আলোচনা করব।

কি ভাবে পদার্থের দেহ থেকে ইলেক্‌ট্রনকে বিদেহী করা হয়, সে কথা পূর্ব্বেই বলা হইয়াছে; এবং আরও বলা হয়েছে, যে যখনই টিউব মধ্যস্থিত প্লেট পজিটিভ চার্জযুক্ত হয়, কেবল তখনই ইলেকট্রন দ্রুতগতিতে এসে পড়ে। আর দ্রুত আসার ফলে প্লেটের উপর কিরূপ অবস্থার সৃষ্টি হয় ১১৭নং চিত্রে তাহাই দেখান হয়েছে।

টিউবের মধ্য দিয়ে যখন কোনরূপ প্লেট কারেন্ট প্রবাহিত হয় না, তখন প্লেট সম্পূর্ণ ঠাণ্ডা বা মৃতপ্রায় থাকে। কিন্তু

১১৭নং চিত্র—ইলেকট্রনিক বম্বার্ডমেণ্ট।

প্লেটে পজিটিভ ভোল্টেজ দেওয়ার ফলে, যখনই টিউবের মধ্য দিয়ে ইলেকট্রনের প্রবাহ ঘটে তখন দুইটি অবস্থার সৃষ্টি হয়। প্রথমতঃ প্লেট প্রচুর পরিমাণে গরম হয়ে ওঠে, কারণ ক্যাথোড থেকে নির্গত ইলেকট্রন সেকেণ্ডে দুই হাজার মাইল গতিতে প্রবাহিত হয়ে প্লেটের উপরিভাগে প্রচণ্ড আঘাত করে এবং নিজেদের সমস্ত শক্তি দিয়ে প্লেটকে গরম করে তোলে। প্রশ্ন উঠতে পারে যে, ইলেকট্রনের এমন কি শক্তি আছে? একটি মাত্র ইলেকট্রনের শক্তি খুব কম

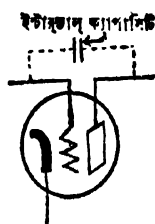
বটে, কিন্তু, সেকেণ্ডে যে পরিমাণ ইলেক্ট্রন প্লেটকে আঘাত করে তার শক্তি অতীব বিস্ময়জনক। কারণ; একটি বাড়ীর দেওয়ালের উপর কামানের সাহায্যে অনবরত গোলাবর্ষণ করলে যেরূপ অবস্থার সৃষ্টি হয়, ঠিক (১১৭নং চিত্রের ন্যায়) প্লেটের উপর ইলেক্ট্রনের অনুরূপ অবস্থার সৃষ্টি হয় বলেই টেক্‌নিকের ভাষায় একে বলা হয় **"ইলেক্ট্রনিক বম্বার্ডমেণ্ট"** (Electronic Bombardment)।

আমরা জানি, সমস্ত পদার্থের মধ্যেই ইলেকট্রন্ বর্ত্তমান। ধাতুর পাতে নির্ম্মিত প্লেটটি যখন গরম হয়ে ওঠে, তখন তার নিজের দেহের ইলেকট্রনগুলি বিদেহী হয়ে পড়ে এবং ক্যাথোড থেকে নির্গত দ্রুতগতি সম্পন্ন ইলেকট্রনগুলিকে বাধা দিবার জন্য অনেকটা রক্ষাকারী ঢালের ন্যায় কাজ করে এবং পুনঃ পুনঃ সংঘর্ষের ফলে নিজেকে রক্ষা করতে না পারায় স্থানচ্যুত হয়ে পড়ে এবং প্লেটের চার দিকে মেঘপুঞ্জের ন্যায় বিচরণ করে বলেই একে বলা হয় **প্লেট এমিশন**।

এই প্লেট এমিশন, যাকে এক কথায় বলা হয় **সেকেণ্ডারী এমিশন** টিউবের পক্ষে অত্যন্ত বিপদজনক; তাই অন্য একটি এলিমেণ্টের সাহায্যে একে নিয়ন্ত্রণের ব্যবস্থা করা হয়।

সেকেণ্ডারী এমিশন্ ও প্লেটের হিটিং এফেক্টস নির্ভর করে টিউবের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেণ্টের উপর, আর প্লেট-ক্যাথোড সার্কিটের ভোল্টেজের উপর। এক কথায় অধিক শক্তি সম্পন্ন কারেণ্ট প্লেটের দিকে ধাবিত ইলেকট্রনের সংখ্যা বৃদ্ধি করে। আর উচ্চ ভোল্টেজ, প্লেটের দিকে প্রবাহিত ইলেকট্রনের গতি অত্যন্ত দ্রুত করে তোলে। এই জন্যই ডিটেকটর বা এ্যামপ্লিফায়ার টিউবে সেকেণ্ডারী এমিশন্ বিশেষ প্রভাব বিস্তার করতে পারে না। কারণ, তাদের প্লেট-কারেণ্ট ও প্লেট-ভোল্টেজ কম। পক্ষান্তরে

পাওয়ার টিউবের প্রভাব অত্যন্ত বেশী; কারণ, পাওয়ার টিউব সাধারণতঃ ২৫০ ভোল্টের অধিক ভোল্টেজ আর শক্তিশালী কারেন্ট নিয়ে কাজ করে।

টিউবের ইণ্টারন্যাল ক্যাপাসিটি—ট্রায়োড টিউবের গ্রিড ও প্লেট সাধারণতঃ ধাতব পদার্থ বিশেষ। এই গ্রিড ও প্লেট উভয়ে উভয়ের সম্মুখে থাকায় ও তাদের দূরত্বের মধ্যে ভ্যাকুয়াম ডাই-ইলেকট্রিক (Vacuum Di-electric) থাকায় তারা একপ্রকার কনডেন্সার বা ক্যাপাসিটর হয়ে উঠে। ১১৮নং চিত্রে এইরূপ একটি কনডেন্সারকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে যার ক্যাপাসিটি নির্ভর করে দুইটি এলিমেণ্টের আয়তনের উপর এবং তাদের দূরত্বের উপর।

১১৮নং চিত্র—টিউবের ইণ্টারন্যাল ক্যাপাসিটি।

টিউবের এই ইণ্টারন্যাল ক্যাপাসিটি কিছু পরিমাণ এনার্জিকে প্লেট-সার্কিট থেকে কণ্টোল গ্রিড-সার্কিটের দিকে সহজ পথ করে দেয় এবং এর পরিমাণ যদি কোন এক নির্দ্দিষ্ট পরিমাণের বেশী হয়ে যায় তাহলে টিউব অস্‌সিলেট করতে আরম্ভ করে, ফলে রিপ্রোডাকশন নষ্ট হয়ে যায়।

এই অস্‌সিলেসনকে নষ্ট করবার জন্য টিউব প্রস্তুত-কারকেরা একপ্রকার নূতন টিউব প্রস্তুত করলেন যার এলিমেণ্ট হলো চারিটি; ক্যাথোড, কণ্টোল-গ্রিড, স্ক্রিন-গ্রিড ও প্লেট।

এইরূপ টিউবকে বলা হয় **টেট্রোড টিউব** আবার কখন কখন নূতন এলিমেণ্টের নামানুসারে একে বলা হয় "**স্ক্রিন গ্রিড টিউব**"।

১১৯ ও ১২০নং চিত্রে স্ক্রিন-গ্রিড টিউবকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। লক্ষ্য করলে দেখতে পাব, ইন-ডাইরেক্টলি হিটেড টাইপ টিউবের ক্যাথোড ফিলামেণ্টের পরে থাকে, তারপরে থাকে কণ্ট্রোল গ্রিড (কঃ গ্রিড) ও পরে স্ক্রিন গ্রিড (স্ক্রিঃ গ্রিড)। এবং সর্ব্ব শেষে থাকে প্লেট; ফলে কণ্ট্রোল গ্রিড ও প্লেটের মধ্যস্থিত ক্যাপাসিটিকে সম্পূর্ণ নষ্ট করে দেয়। ১২১নং চিত্র লক্ষ্য করলে বিষয়টি আরও পরিষ্কার হবে। চিত্রে

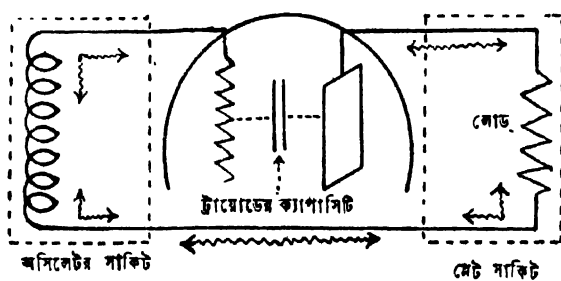
ইন-ডাইরেক্টলি হিটেড টাইপ

ডাইরেক্টলি হিটেড টাইপ

১১৯-১২০নং চিত্র—টেট্রোড টিউব বা স্ক্রিন গ্রিড টিউব।

একটি ট্রায়োড টিউব ব্যবহার করা হয়েছে। ভাল ভাবে পরীক্ষা করলে দেখতে পাব যে, কয়েল যুক্ত অসসিলেটর সার্কিট, প্রথমে প্লেট সার্কিট ও পরে টিউবের ইণ্টারন্যাল ক্যাপাসিটির মধ্য দিয়ে সম্পন্ন করছে। আর ১২২নং চিত্রে একই সার্কিট ব্যবহার করা হয়েছে, কিন্তু এক্ষেত্রে স্ক্রিন গ্রিড থাকায় ঐ নূতন গ্রিডের মধ্য দিয়ে সার্কিট সম্পন্ন হয়, ফলে, প্লেট সার্কিট সম্পূর্ণ আলাদা থেকে যায়।

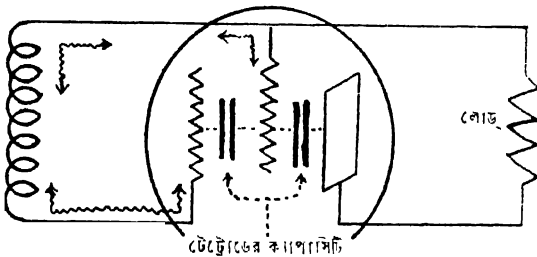
স্ক্রিন গ্রিডের আর একপ্রকার সুবিধা হচ্ছে এই যে, স্ক্রিন-গ্রিড টিউবের ম্যাকসিমাম্ এ্যামপ্লিফিকেশন, ট্রায়োড টিউবের

চেয়ে বেশী হয়ে থাকে। প্রথমতঃ স্ক্রিন গ্রিড, কণ্ট্রোল গ্রিড ও প্লেটের ক্যাপাসিটিকে কমিয়ে দেয়, যেমন ১২১নং চিত্রে দেখান হয়েছে। দ্বিতীয়তঃ উচ্চ ভোল্টেজ থাকায় প্লেটের সাহায্যকারী হিসাবে সে কাজ করে থাকে। কারণ উচ্চ ভোল্টেজ যুক্ত স্ক্রিন গ্রিড ক্যাথোডের নিকটে থাকায় প্লেটের তুলনায় বিদেহী ইলেকট্রনের গতি বাড়িয়ে দেয়; ফলে, সমস্ত ইলেকট্রন কণ্ট্রোল গ্রিডকে সহজ ভাবে অতিক্রম করে যতই স্ক্রিন গ্রিডের নিকটে উপস্থিত হয় ততই দ্রুতগামী হয়ে ওঠে এবং স্ক্রিন গ্রিড ও প্লেট উভয়ই উচ্চ ভোল্টেজ যুক্ত

১২১নং চিত্র—ট্রায়োডের ইনটারন্যাল ক্যাপাসিটি।

থাকায় আর স্ক্রিন গ্রিড সলিড্ এলিমেণ্ট না হওয়ায় তার—কুণ্ডলীর মধ্য দিয়ে ঐ দ্রুতগামী ইলেকট্রন প্লেটে এসে উপস্থিত হয়, ফলে, প্লেট অধিক সংখ্যক ইলেকট্রনকে আকর্ষণ করে। যদিও স্ক্রিন গ্রিড পজিটিভ হওয়ার জন্য স্ক্রিন গ্রিড সার্কিটে কারেণ্ট প্রবাহিত হয়, তবু এর ইন্‌টেন্‌সিটি বা তীব্রতা প্লেট কারেণ্টের চেয়ে কম হয়ে থাকে।

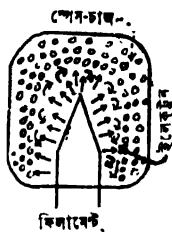
এখানে বলে রাখা ভাল যে—টিউবের এ্যামপ্লিফিকেশন ফ্যাক্টরের (পরে আলোচনা করা হবে) উন্নতি নির্ভর করে সাধারণতঃ তিনটি বিষয়ের উপর—

১। টিউবের ইণ্টারন্যাল ক্যাপাসিটি কমিয়ে দিতে পারলে।
২। প্লেট কারেণ্ট বৃদ্ধি করতে পারলে।
৩। স্পেস্-চার্জের কার্য্যকারিতা নষ্ট করতে পারলে।

স্পেস-চার্জ—স্পেস-চার্জ বলতে আমরা জানি, যখন ক্যাথোডকে উত্তপ্ত করা হয় তখন আস্তে আস্তে ক্যাথোডের দেহ থেকে ইলেকট্রন নির্গত (বিদেহী) হতে আরম্ভ করে ও ক্যাথোডের চারিদিকে মেঘপুঞ্জের সৃষ্টি করে। ঐ বিদেহী ইলেক্-ট্রনগুলি নেগেটিভ ধর্মী হওয়ায় এবং ক্রমে ক্রমে সংখ্যায় বৃদ্ধি পাওয়ায় অত্যন্ত ঘনীভূত হয়ে ক্যাথোডের চারি পার্শ্বে নেগেটিভ পোটেনশিয়ালের সৃষ্টি করে ও নূতন বিদেহী ইলেকট্রনগুলিকে

১২২নং চিত্র—টেট্রোডের ইনটারন্যাল ক্যাপাসিটি।

প্লেটের দিকে যেতে না দিয়ে ১২৩নং চিত্রের ন্যায় ক্যাথোডের দিকে ফিরিয়ে দেয়। ক্যাথোডের চতুঃস্পার্শ্বের ঘনীভূত ইলেকট্রনগুলিকে বলা হয় "**স্পেস্-চার্জ**"। এই স্পেস্-চার্জই হল উপযুক্ত এ্যাম্প্লিফিকেশনের আর এক প্রকার প্রতিবন্ধক। তবে টেট্রোড টিউবের এলিমেণ্টগুলি খুব নিকটবর্ত্তী হওয়ায় ও উচ্চ ভোল্টেজযুক্ত স্ক্রিন গ্রিড ক্যাথোডের কাছে থাকায় সমস্ত স্পেস্-চার্জকে নষ্ট করে দেয়, কারণ বিদেহী ইলেকট্রনগুলি ঘনীভূত হওয়ার বিশেষ সময় পায় না,

স্ক্রিন গ্রিডের আকর্ষণে দ্রুত গ্রিডের দিকে ছুটে যায় ও পরে প্লেটে উপস্থিত হয়।

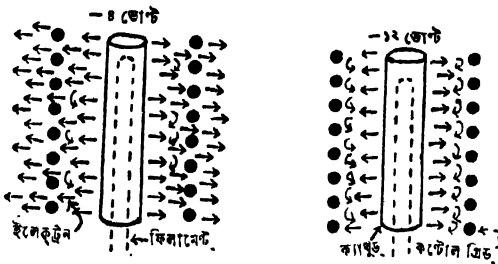
বিভিন্ন প্রকার টেট্রোড টিউব—টেট্রোড টিউব বা স্ক্রিন গ্রিড টিউব বিভিন্ন প্রকারের প্রস্তুত হয়ে থাকে। যেমন ফিলামেণ্ট টাইপ (ডাইরেক্টলি হিটেড টাইপ) ক্যাথোড টাইপ, (ইন-ডাইরেক্টলি হিটেড টাইপ) আবার কেবল ব্যাটারীর জন্য বা কেবল মাত্র ডি, সি, কিংবা এ, সি, সরবরাহের জন্য। এদের মধ্যে কতকগুলি ডিটেক্টর হিসাবে বেশ ভাল কাজ দেয়, আবার কতকগুলি রেডিও ফ্রিকোয়েন্সি (r-f) এ্যাম্প্লিফিকে-শনের কাজে ব্যবহৃত হয়।

১২৩নং চিত্র—স্পেস-চার্জ।

টেট্রোড টিউবকে আবার দুই ভাগে ভাগ করা হয়েছে, যেমন :—

১। **সাধারণ টেট্রোড** (Ordinary Tetrode)।

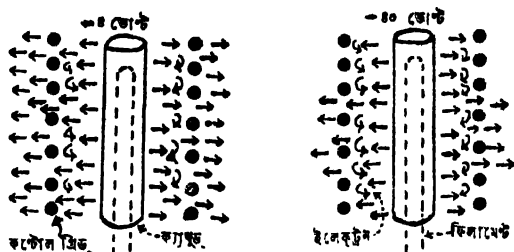
২। **ভেরিএব্‌ল মিউ টেট্রোড** (Variable MU Tetrode)।

এখন দেখা যাক এদের পার্থক্য কি? ১২৪নং ও ১২৫নং চিত্রে একটি সাধারণ টেট্রোডের ক্যাথোড ও কণ্ট্রোল গ্রিডকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। চিত্রটিকে সহজ করবার জন্য স্ক্রিন গ্রিড ও প্লেটকে বাদ দেওয়া হয়েছে। তবে ধরে নিতে হবে যে কণ্টোল গ্রিডের পরে স্ক্রিন গ্রিড ও তার পরে প্লেট আছে।

আমরা যদি কন্ট্রোল গ্রিডকে ক্যাথোডের তুলনায় ৪ ভোল্ট নেগেটিভ চার্জযুক্ত করি, তাহলে তার অবস্থা ১২৪নং চিত্রের ন্যায় হবে; অর্থাৎ ক্যাথোড থেকে নির্গত অধিক সংখ্যক ইলেকট্রন গ্রিডে কুণ্ডলী করা তারের মধ্য দিয়ে বেড়িয়ে এসে প্লেটের দিকে প্রবাহিত হবে, ফলে প্লেট কারেন্ট অত্যন্ত বৃদ্ধি পাবে। আবার যদি গ্রিডের নেগেটিভ ভোল্টেজ ধীরে ধীরে বৃদ্ধি করতে থাকি, তাহলে দেখতে পাব যে, এমন এক সময় আসবে, যখন গ্রিড সমস্ত ইলেকট্রনগুলিকে বিকর্ষণ করে

১২৪-১২৫নং চিত্র—সাধারণ টেট্রোড টিউবের কার্য্যকারিতা।

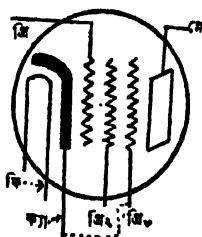
১২৫নং চিত্রের অনুরূপ অবস্থার সৃষ্টি করেছে। অর্থাৎ গ্রিড যখন ১২ ভোল্ট নেগেটিভ, তখন প্লেট কারেন্ট সম্পূর্ণ বন্ধ (Zero current)। তাহলে দেখা যাচ্ছে যে, এই টিউবের গ্রিড ভোল্টেজ যখন ৪ ভোল্ট নেগেটিভ, তখন এ্যাম্প্লিফিকেশন খুব ভাল হয়; কিন্তু গ্রিড ভোল্টেজ একটু খানিক বেড়ে ১২ ভোল্ট বা তার কাছাকাছি এলেই "ডিস্টরসন্" দেখা দেয়; কারণ, একটু ভোল্টেজ বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে প্লেট কারেন্টের অসম্ভব রকম পতন ঘটে।

কিন্তু ভেরিএব্‌ল এ্যামপ্লিফিকেশন ফ্যাক্টর টিউব (Variable Amplification-Factor Tube)—সংক্ষেপে যাকে

বলা হয় ভেরিএবল মিউ বা মালটি মিউ (Variable Mu বা Malti Mu) টিউব—এ সমস্যার সমাধান করে। গঠন প্রণালীর দিক দিয়ে একটি সাধারণ টিউব ও একটি মালটি মিউ টিউবের মধ্যে পার্থক্য কেবল কণ্ট্রোল গ্রিড সার্কিটে। সাধারণ টিউবের কয়েল-আকৃতি কণ্ট্রোল গ্রিডের প্রত্যেকটি পাকের (Turns) দূরত্ব সমান থাকে। আর ভেরিএবল বা মালটি মিউ টিউবের বেলায় কয়েলের (কণ্ট্রোল গ্রিডের) প্রথম দিক ও শেষের দিকের পাকগুলির দূরত্ব সাধারণ টিউবের অনুরূপ হয় কিন্তু মধ্যভাগের পাকগুলির দূরত্ব ১২৬ ও ১২৭নং চিত্রের ন্যায় কিছু বেশী হয়।

১২৬-১২৭নং চিত্র—ভেরিএবল মিউ টেট্রোড টিউবের কার্য্যকারিতা।

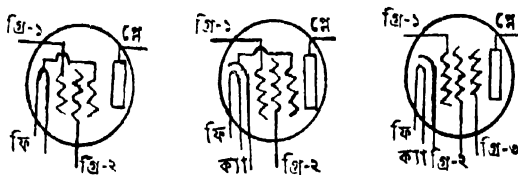
১২৬ ও ১২৭নং চিত্রে ভেরিএবল মিউ টিউবের কণ্ট্রোল গ্রিড এবং ক্যাথোডকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। ১২৬নং চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব, কণ্ট্রোল গ্রিডকে ৪ ভোল্ট নেগেটিভ রাখার ফলে এ ক্ষেত্রেও সাধারণ টিউবের ন্যায় প্রচুর ইলেকট্রন গ্রিডের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হচ্ছে। আবার আস্তে আস্তে নেগেটিভ ভোল্টেজ বৃদ্ধি করে গেলে গ্রিডের বিকর্ষণ শক্তিও বৃদ্ধি পায়; ফলে, প্লেট কারেন্ট হ্রাস পেতে থাকে। কিন্তু ভেরিএবল মিউ টিউবের বেলায় কণ্ট্রোল

গ্রিড যখন ১২৭নং চিত্র অনুযায়ী ৪০ ভোল্ট নেগেটিভ হয়, তখনও সার্কিটে প্লেট কারেন্ট থাকে; কারণ ভোল্টেজ বেশী হওয়ার ফলে গ্রিডের উভয় প্রান্তেরই ইলেকট্রন্ প্রবাহ সম্পূর্ণ বন্ধ হয়ে গিয়ে, গ্রিডের মধ্য ভাগে বেশী ফাঁক থাকায়—১২৭নং চিত্রের ন্যায়—কেবল তার মধ্য দিয়েই প্রবাহিত হয়।

তাহলে দেখা গেল, ভেরিএবল মিউ টিউব যেমন পূর্ব্বোক্ত দোষকে (ডিষ্টরশনকে) নষ্ট করে দেয়, তেমনি আবার নিয়ন্ত্রণ ব্যবস্থাকে শক্তিশালী করে এ্যামপ্লিফিকেশনের উন্নতি সাধন করে।

১২৮নং চিত্র—পেণ্টোড টিউব।

সেকেণ্ডারী এমিশন (Secondary Emission)—সেকেণ্ডারী এমিশন সম্বন্ধে পূর্ব্বেই (পৃষ্ঠা ১৮১) বলেছি যে, ক্যাথোড থেকে নির্গত দ্রুত-গতি সম্পন্ন ইলেকট্রন যখন প্লেটে এসে আঘাত করে, তখন প্লেটের দেহ থেকে কিছু পরিমাণ ইলেকট্রন স্থানচ্যুত হয়ে পড়ে ও প্লেটের চারি পার্শ্বে নেগেটিভ চার্জযুক্ত মেঘপুঞ্জের সৃষ্টি করে এবং ক্যাথোড থেকে প্লেটের দিকে প্রবাহিত ইলেকট্রনকে বাধা দেয়। এইরূপ অবস্থার সৃষ্টি হয় ট্রয়োড টিউবের ক্ষেত্রে, তবে টেট্রোড টিউবের যে অনুরূপ অবস্থার সৃষ্টি হয় না তাও বলি না। কারণ, টেট্রোড টিউবের

উচ্চ ভোল্টেজযুক্ত স্ক্রিন্ গ্রিড প্লেটের অতি নিকটে থাকায় প্লেট থেকে নির্গত ঐরূপ ইলেক্ট্রনকে আকর্ষণ করে বলে প্লেট ও স্ক্রিন্ গ্রিডের মধ্যে একপ্রকার ইলেকট্রিক কারেন্টের সৃষ্টি হয়, এই কারেন্ট প্লেট কারেন্টের প্রতিবন্ধক হয়ে ওঠে।

সেকেণ্ডারী এমিশনের এইরূপ খারাপ কার্য্যকারীতাকে (Bad Effect-কে) সম্পূর্ণ ভাবে বিনষ্ট করবার জন্য প্রস্তুত-কারকেরা আর একটি এলিমেণ্ট যথা তৃতীয় গ্রিডের (গ্র-৩) ব্যবস্থা করে ১২৮নং চিত্রের ন্যায় স্ক্রিন্ গ্রিড (গ্র-২) ও প্লেটের মধ্যভাগে স্থাপন করলেন। টিউব মধ্যস্থিত এই তৃতীয় গ্রিড সেকেণ্ডারী এমিশনকে বিনষ্ট করার কাজে ব্যবহৃত হয় বলেই একে বলা হয় "**সেকেণ্ডারী গ্রিড**" বা **সাপ্রেসার গ্রিড** এবং এইরূপ টিউবকে বলা হয় "**পেণ্টোড টিউব**"।

১২৯-১৩১নং চিত্র—সেকেণ্ডারী গ্রিডের বিভিন্ন প্রকার সংযোগ।

ডিরেক্টলি হিটেড টাইপ বা ফিলামেণ্ট টাইপ পেণ্টোড টিউবে সেকেণ্ডারী গ্রিডকে (গ্রি-৩) ১২৯নং চিত্রের ন্যায় টিউব মধ্যস্থিত ফিলামেণ্টের কেন্দ্র স্থলেই (centre) যুক্ত করা থাকে। আর ইনডাইরেক্টলি হিটেড টাইপ বা ক্যাথোড টাইপ টিউবে সেকেণ্ডারী গ্রিডকে ১৩০নং চিত্রের ন্যায় ক্যাথো-ডের সাথে যুক্ত করা হয়, আবার কতকগুলিতে সেকেণ্ডারী গ্রিডের জন্য ১৩১নং চিত্রের ন্যায় সতন্ত্র পিনের (Pin) ব্যবস্থা থাকে। তবে সাধারণতঃ বেশীর ভাগ ক্ষেত্রেই সেকেণ্ডারী গ্রিড ক্যাথোডের সাথে সংযুক্ত থাকে।

এখন দেখা যাক সেকেণ্ডারী গ্রিড কিভাবে কাজ করে। সেকেণ্ডারী এমিশনকে স্মরণ করলেই বুঝতে পারব যে,

সেকেণ্ডারী গ্রিড ইলেকট্রন নির্গমকারী ক্যাথোডের সাথে সংযুক্ত থাকায় ও ক্যাথোড প্লেটের তুলনায় হাই-নেগেটিভ পোটেনশিয়ালে থাকায়, ক্যাথোড থেকে নির্গত ইলেকট্রনের দ্বারা আঘাত প্রাপ্ত হয়ে প্লেট থেকে যখনই ইলেকট্রন স্থানচ্যুত হয়ে পড়ে, তখনই সেকেণ্ডারী গ্রিডের বিকর্ষণ শক্তির ফলে আবার প্লেটে এসে উপস্থিত হয়। তাই সেকেণ্ডারী এমিশন বিশেষ প্রভাব বিস্তার করতে পারে না।

এখানে প্রশ্ন উঠতে পারে যে, সেকেণ্ডারী এমিশনের ফলে প্লেট কারেণ্টের যেরূপ পতন ঘটে, এক্ষেত্রে উচ্চ নেগেটিভ চার্জযুক্ত সেকেণ্ডারী গ্রিড থাকায় ক্যাথোড থেকে নির্গত ইলেকট্রন বাধা প্রাপ্ত হয়ে প্লেট কারেণ্টের অনুরূপ অবস্থাও তো সৃষ্টি করতে পারে? কিন্তু না, কারণ, সেকেণ্ডারী গ্রিড তাদের বিকর্ষণ করার পূর্ব্বেই তারা স্ক্রিন গ্রিডের আকর্ষণে ও পরে প্লেটের আকর্ষণে এত বেশী দ্রুতগামী হয়ে পড়ে যে, সমস্ত ইলেকট্রনই প্লেটে এসে উপস্থিত হয়। আর কখন কখন হয়ত দুই একটি ইলেকট্রন সেকেণ্ডারী গ্রিড মারফৎ ক্যাথোডে গিয়ে পৌঁছায়।

সাধারণতঃ সেকেণ্ডারী এমিশন পাওয়ার-টিউবেই দেখা যায় কারণ, পাওয়ার-টিউবে অত্যন্ত হাই-ভোল্টেজ ও হাই-কারেণ্ট ব্যবহার করা হয়। তবে হাই-এ্যামপ্লিফিকেশন সার্কিটে (R F অথবা A F Amplifier Tube-এর স্ক্রিন গ্রিডে) যখন হাই ভোল্টেজ দেওয়া হয়, তখনও সেকেণ্ডারী এমিশন দেখা দেয়। তাই এই সকল টিউবের বেলায় সেকেণ্ডারী গ্রিডের জন্য সাধারণতঃ আলাদা পিন ব্যবস্থা দেখতে পাওয়া যায়।

টিউবের ক্যার‍্যাক্‌টারিস্‌টিক (Characteristics of Radio Tube)—রেডিও টিউবের আভ্যন্তরীন কার্য্যকারীতা

ও স্থান বিশেষে তার ব্যবহার প্রভৃতি জানতে গেলে টিউবের ক্যার‍্যাক্টারিস্টিকসের উপর নির্ভর করতে হয়। এখানে রেডিও টিউবের ক্যার‍্যাক্টারিস্টিকস্ বলতে বুঝায় যে বিভিন্ন প্রকার কার্য্যে, টিউব কিরূপ আকৃতি ধারণ করে অর্থাৎ তার Properties বা Qualities কিরূপ হয়।

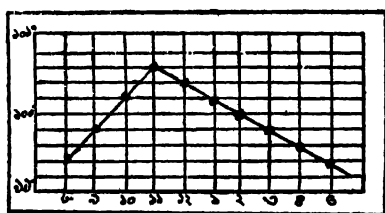
প্রস্তুতকারকেরা টিউবের ক্যার‍্যাক্টারিসটিকস ড্যাটা (Characteristic Data-কে) দুই ভাবে প্রকাশ করে থাকেন। প্রথম হচ্ছে তালিকার সাহায্যে (In Chart) ও দ্বিতীয় হচ্ছে কার্ভে বা গ্রাফের সাহায্যে (In Graphs or Curves); ফলে, যারা রেডিও মেরামত (Service) করেন তারা প্রথমটি ব্যবহার করেন এবং যারা রেডিও গঠন (Receiver Design) করেন, তাদের পক্ষে দ্বিতীয়টি প্রয়োজন; কারণ, কার্ভ ব্যবহার করলে টিউবের কার্য্যকারিতা সম্বন্ধে আরও বিশদ ভাবে জানতে পারা যায় এইবার তার ব্যবহার সম্বন্ধে উল্লেখ করবো।

ধরা যাক্ ডাক্তারদের টেম্পারেচার চার্ট এর কথা। কোন এক নার্সকে বলা হল যে রাত ৮টা থেকে ভোর ৫টা পর্য্যন্ত প্রতি ঘণ্টায় রোগীর টেম্পারেচার কিরূপ থাকে তা লিখে রাখতে। নার্স প্রতি ঘণ্টার টেম্পারেচার নিয়ে দেখলেন যে—

রাত ৮ টা—	৯৯°৪	ডিগ্রী	রাত ১টা —	১০০°২	ডিগ্রী
,, ৯ ,,—	৯৯°৮	,,	,, ২ ,, —	১০০°	,,
,, ১০ ,,—	১০০°২	,,	,, ৩ ,, —	৯৯°৮	,,
,, ১১ ,,—	১০০°৬	,,	ভোর ৪ ,, —	৯৯°৬	,,
,, ১২ ,,—	১০০°৪	,,	,, ৫ ,, —	৯৯°১	,,

উক্ত তালিকা থেকে জানা গেল যে, প্রতিটি ঘণ্টায় রোগীর টেম্পারেচার কিরূপ ছিল। কিন্তু রাত ৮টা থেকে

ভোর ৫টার মধ্যে প্রতিটি মুহূর্ত্ত কিভাবে গেছে এক নিমেষে তা উপলব্ধি করা যায় না; সেক্ষেত্রে টেম্পারেচার কার্ভ বা গ্র্যাফ্‌স্‌ খুব ভাল কাজ দেয়।

টেম্পারেচার কার্ভ—(Temperature Curve) অঙ্কন করা হয় ১৩২নং চিত্রের ন্যায় এক প্রকারের গ্র্যাফ্‌ পেপারের উপর। গ্র্যাফ্‌ পেপারের প্রতিটি সমান্তরাল রেখাকে এক ডিগ্রীর দশ ভাগের দুভাগ হিসাবে ধরা হয়; আর প্রতিটি লম্বরেখাকে প্রতি ঘণ্টা (যে ঘণ্টায় টেম্পারেচার গ্রহণ করা হয়) হিসাবে ধরা হয়। চিত্রে অঙ্কিত গ্র্যাফ পেপারের বাম পার্শ্বে ডিগ্রী ও নিম্নে

১৩২নং চিত্র—টেম্পারেচার কার্ভ

ঘণ্টাকে চিহ্নিত করে দেওয়া হয়েছে। রাত ৮টার সময় যখন টেম্পারেচার ৯৯'৪ ডিগ্রী, তখন ৮ চিহ্নিত লম্বরেখাটি গ্রহণ করে সোজা উপরের দিকে দেখতে হয়। আর যে স্থানে লম্বরেখা ৯৯'৪ ডিগ্রী চিহ্নিত সমান্তরাল রেখা ছেদ করে, সেই স্থানটিকে একটি বিন্দু দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। আবার নয়টার সময় ৯ চিহ্নিত লম্বরেখা গ্রহণ করে ৯৯'৮ ডিগ্রী চিহ্নিত সমান্তরাল রেখার ছেদ বিন্দুকে চিহ্নিত করে রাখা হয়। এই ভাবে প্রতি ঘণ্টায় গৃহীত বিন্দুকে একটি সরল রেখা দ্বারা যুক্ত করে টেম্পারেচার কর্ভ অঙ্কন করা হয়।

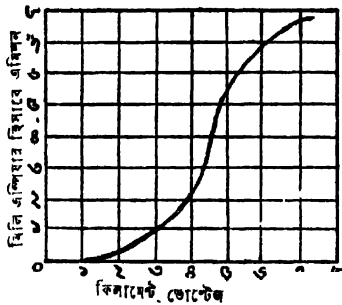
গ্র্যাফ্‌ পেপারের উপর অঙ্কিত এই সরল রেখা লক্ষ্য করা

মাত্রই স্মরণ করিয়ে দেয় যে, রাত ১১টার পর থেকেই রোগীর অবস্থা ভালর দিকে আসে ও ক্রমাগত উন্নতির দিকে যেতে থাকে। এই সরল রেখা লক্ষ্য করে এও বলা যেতে পারে যে, গত রাত্রের কোন মুহূর্তে রোগীর অবস্থা কিরূপ ছিল। উদাহরণ স্বরূপ ধরা যাক্ যে, রাত ৯-৩০ মিনিটে রোগীর টেম্পারেচার কত ছিল?

এক্ষেত্রে ৯ ও ১০ চিহ্নিত লম্বরেখার মধ্য ভাগে একটি লম্ব ঠিক করে নিয়ে ক্রমশঃ উপরের দিকে দেখতে গিয়ে যে স্থানে লম্বরেখা ও সরলরেখা ছেদ করে, সেই বিন্দুই হয় রোগীর উল্লিখিত সময়ের টেম্পারেচার—এক্ষেত্রে ৯-৩০ মিনিটের টেম্পারেচার হয় ১০০° ডিগ্রী।

টিউবের এমিশন কার্ভ (Emission Curve) ১৩৩নং চিত্রে এমিশন কার্ভকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। এই কার্ভ টেম্পারেচার কার্ভের অনুরূপ—এইরূপ কার্ভ অঙ্কন করার জন্য প্লেটকে একটি মিলি-এম-মিটারের সাথে সিরিজ ভাবে রাখা হয় ও প্লেট ভোল্টেজকে একটি নির্দ্দিষ্ট ভোল্টেজে (Constant Value) রেখে কেবল ফিলামেন্টে বিভিন্ন প্রকার ভোল্টেজ সরবরাহ করা হয়। এক্ষেত্রে গ্র্যাফ্ পেপারের সমান্তরাল রেখাকে প্লেট কারেন্টে (মিলি এ্যাম্পিয়ার হিসাবে) ও লম্বরেখাকে ফিলামেন্ট ভোল্টেজ হিসাবে ব্যবহার করা হয়েছে।

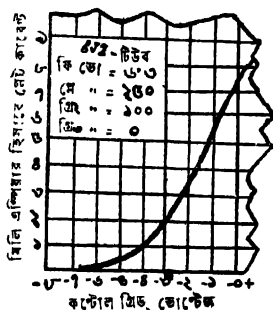
চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব যে, ফিলামেন্ট যখন ১'৪ ভোল্ট তখন ক্যাথোড থেকে ইলেক্ট্রন নির্গত হতে আরম্ভ করে। আবার ক্রমশঃ বৃদ্ধি করার পর ফিলামেন্ট যখন ৩ ভোল্ট তখন প্লেট কারেন্ট হয় ১ মিলি-এ্যাম্পিয়ার। এই ভাবে ধীরে ধীরে বৃদ্ধি করার পর যখন ভোল্টেজ হয় ৬ ভোল্ট তখন ফিলামেন্ট সার্কিটের কারেন্ট হয় ৭ মিলি-

এ্যাম্পিয়ার। এখন যদি ফিলামেণ্ট ভোল্টেজ বৃদ্ধি করতে থাকি, তাহলে কারেণ্ট ক্রমশঃ বৃদ্ধি পেতে থাকে। তবে পূর্ব্বের তুলনায় পরিমাণে কম হয়। এখানে বিশেষ ভাবে লক্ষ্য করতে হবে যে, ভোল্টেজকে যখন ৪ থেকে ৫ ভোল্ট করা হয় তখন যে পরিমাণে কারেণ্ট বৃদ্ধি পায়, তার তুলনায় ভোল্টেজ যখন ৫ থেকে ৬ ভোল্ট হয় তখন কারেণ্টের পরিমাণ অত্যন্ত কম হয় (১ মিলি-এ্যাম্পিয়ার মাত্র) উভয় ক্ষেত্রেই ভোল্টেজের পার্থক্য মাত্র এক ভোল্ট : কিন্তু কারেণ্টের পার্থক্য লক্ষ্য করার মতো।

১৭৩নং চিত্র—টিউবের এমিশন কার্ভ

তাহলে দেখা গেল যে, এই টিউবের ফিলামেণ্ট কারেণ্ট অত্যন্ত বিপজ্জনক : কারণ, ৫ ভোল্ট থেকে যদি সামান্য পরিমাণ ভোল্টেজ কমে যায়, তাহলে কারেণ্টের অসম্ভব রকম পতন ঘটে। আবার যদি ৫ ভোল্টের বেশী হয়, তাতে লাভ বিশেষ কিছু হয় না বটে, তবে অধিক বৃদ্ধি করলে টিউবের স্থায়িত্ব (life) সম্বন্ধে সন্দেহ থাকে।

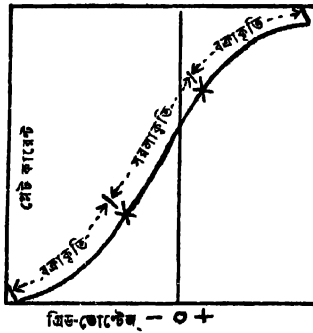
এতো গেল ফিলামেণ্টের কথা। প্লেট ক্যার‍্যাক্টারিসটিকস্ এর বেলায় ক্যার‍্যাক্টারিসটিকস্ অঙ্কনের জন্য টিউবের প্লেট

সার্কিটে একটি মিলি-এ্যাম্‌মিটার ও কণ্ট্রোল গ্রিড সার্কিটে একটি ভোল্ট মিটার সংযুক্ত করে ফিলামেণ্ট ভোল্টেজকে নির্দ্দিষ্ট ভোল্টেজে রেখে ও অন্যান্য এলিমেণ্টগুলিকে প্রয়োজনীয় ভোল্টেজ সরবরাহ করে কেবল প্লেট ভোল্টেজকে ১ থেকে ৩০০ ভোল্ট পর্য্যন্ত ক্রমশঃ বৃদ্ধি করার ফলে, প্লেট কারেণ্টের যে পরিবর্ত্তন হয়, তাকেই গ্রহণ করে কার্ভ অঙ্কন করা হয়। (এ সম্বন্ধে পরে আলোচনা করা হবে)।

১৩৪নং চিত্রে মেটাল টিউব (Metal Tube) 6J7-এর ক্যার‍্যাক্‌টারিসটিক্‌সকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে যে, 6J7

১৩৪নং চিত্র—6J7 টিউবের ক্যার‍্যাক্‌টারিস্‌টিক্‌স্‌ কার্ভ।

টিউবের ফিলামেণ্টকে ৬'৩ ভোল্টে, প্লেটকে ২৫০ ভোল্টে, স্ক্রিন্‌ গ্রিডকে (গ্রি-২) ১০০ ভোল্টে ও সাপ্রেসার গ্রিডকে ক্যাথোডের সাথে যুক্ত করার পর—এক কথায় সকল এলিমেণ্টকে একটা নির্দ্দিষ্ট পরিমাণে (Fixed Value-তে) রেখে কণ্ট্রোল গ্রিড ভোল্টেজের তারতম্যের (Variation) ফলে প্লেট কারেণ্টের অনুরূপ অবস্থা হয়।

এক্ষেত্রে গ্র্যাফ্‌ পেপারের লম্ব রেখাগুলি কণ্ট্রোল গ্রিডের নেগেটিভ ভোল্টেজ হিসাবে এবং সমান্তরাল রেখাকে

প্লেট কারেন্ট হিসাবে ধরা হয়েছে। কার্ভ পরীক্ষা করলে দেখতে পাব, কন্ট্রোল গ্রিড্ যখন ৬ ভোল্ট নেগেটিভ তখন প্লেট কারেন্ট একেবারে নাই বল্লেই হয়। আর ৬ ভোল্টের পর থেকে নেগেটিভ ভোল্টেজ যতই কমতে থাকে, প্লেট কারেন্টও ধীরে ধীরে বাড়াতে থাকে। বিশেষ ভাবে লক্ষ্য করলে দেখতে পাব, ২ ভোল্ট নেগেটিভ পর্য্যন্ত প্লেট কারেন্টের গতি অত্যন্ত কম থাকে, কিন্তু ২ ভোল্টের পর থেকে যে অনুপাতে ভোল্টেজ কমতে থাকে, সেই অনুপাতেই কারেন্ট বৃদ্ধি পেতে থাকে। যদি নেগেটিভ ভোল্টেজ ক্রমশঃ কমে 'zero' ভোল্টেজে এসে পুনরায়

১৩৫নং চিত্র—ক্যারাক্টারিস্টিক্স্ কার্ভের আকৃতি।

ক্রমশঃ পজিটিভ ভোল্টেজ হতে থাকে, তখনও প্লেট কারেন্টের গতি দ্রুত থাকে; তবে কিছুক্ষণের জন্য এবং তার পরই গ্রিডের পজিটিভ ভোল্টেজ বৃদ্ধি পাবার সাথেসাথেই প্লেট কারেন্ট পূর্ব্বের ন্যায় ধীরে ধীরে বৃদ্ধি পেতে থাকে। এই ভাবে ক্যারাক্টারিস্টিকস্, ১৩৫নং চিত্রে অঙ্কিত কার্ভের আকৃতি ধারণ করে অর্থাৎ প্রথমে বক্রাকৃতি তারপর সরলাকৃতি ও পরে আবার বক্রাকৃতি হয়। কার্ভের এই

তিনটি আকৃতিকে বিশেষ ভাবে মনে রাখতে হবে; কারণ, এর উপরই টিউবের এ্যাম্প্লিফায়ারের ও ডিটেক্টরের কার্য্য নির্ভর করে।

সবশেষে একটি কথা বলে রাখি যে, প্রত্যেক টিউবের ক্যার‍্যাক্‌টারিস্‌টিকস্‌ কার্ভ এক প্রকারের হয় না। বিভিন্ন প্রকার টিউবের নিজ নিজ কার্য্যকারিতা হিসাবে—কার্ভ ভিন্ন ভিন্ন আকৃতির হয়ে থাকে *। সাধারণতঃ দেখা গেছে, টিউবের ডিটেক্টর হিসাবে কাজ করবার সময় তার কার্ভ আকৃতিতে খুব ছোট হয়ে থাকে।

Test Questions

1. *Explain the "Edision effect".*
2. *What did Joseph John Thomson discovered about the Edision effect?*
3. *In a vacuum tube why do electrons flow from the filament to the plate but not in the reverse direction?*
4. *What is the difference between a vacuum tube and a valve?*
5. *Why is the radio waves (r-f frequency) produced by the transmitter, called the "Carrier waves"?*
6. *What is modulated waves?*
7. *Describe what is meant by modulation?*

---

* প্রত্যেকটি টিউবের ক্যার‍্যাক্‌টারিস্‌টিক্‌স্‌কে পৃথক পৃথক ভাবে অঙ্কন করে দেখান সম্ভব নয়, এখানে কেবল টিউব ক্যার‍্যাক্‌টারিস্‌টিক্‌সের প্রথম পর্য্যায় আলোচনা করা হয়েছে।

8. *What is meant by detection ?*
9. *What is a detectors ?*
10. *What new element did Dr. Lee. De Forest introduce in the radio tube ? What was the function of that new element ?*
11. *What is meant by "B voltage" ?*
12. *Explain with the aid of a diagram, how a third element of a triode control the plate cathode current ?*
13 *Why is no power consumed in the grid circuit of a triode ?*
14. *Explain what would happen if you attempt to made the grid (a) higher positive potential with respect to the cathode and (b) more lower negative potential with respect to it ?*
15. *Under what condition may current flow in the grid circuit of a triode ?*
16. *Draw the symbols that are generally used for diode, tetrode and pentode respectively.*
17. *What is Secondary emission ? Expain how it is caused ?*
18. *What does the internal capacity between the plate and the grid of a tube depend upon ?*
19. *What is the name given to a tube that has forth element in adition to the plate, cathode and control grid ?*
20. *When does the construction of a multi-mu-tube differ from an ordinary tetrode tube ?*

সপ্তম অধ্যায়

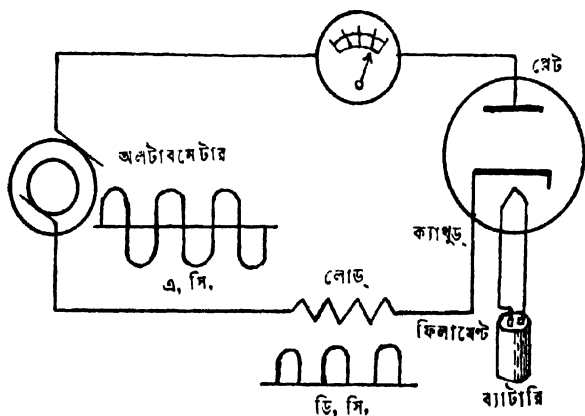
রেক্‌টিফিকেশন

(Rectification)

রেক্‌টিফিকেশন (Rectification)—একই দিকে ইলেকট্রিক কারেণ্টকে পরিচালনা করার ধর্ম্ম থাকায় ১৩৬নং চিত্রে একটি ডায়োড্‌ টিউবকে রেক্‌টিফিকেশনের কাজে ব্যবহার করা হয়েছে। রেক্‌টিফিকেশন্‌ অর্থে **দিক্‌-পরিবর্ত্তী বিদ্যুৎ প্রবাহকে (এসি) একাভিমুখী বিদ্যুৎ-প্রবাহে (ডিসি) রূপান্তরিত করা বুঝায়।**

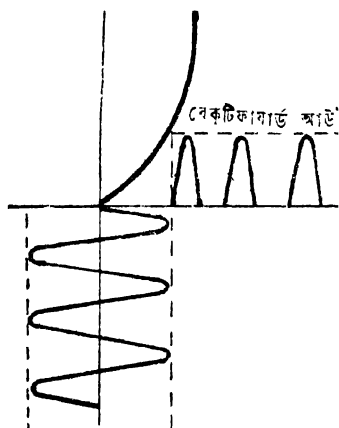
১৩৬নং চিত্রে ব্যবহৃত **অলটারনেটর** হচ্ছে, একটি জেনারেটার বিশেষ, যার দ্বারা সার্কিটের মধ্যে অল্‌টারনেটিং কারেণ্টের সৃষ্টি করা হচ্ছে। কারেণ্ট মিটার-টিকে প্লেট-ক্যাথোড-সার্কিটে প্রবাহিত কারেণ্টের নির্দ্দেশক হিসাবে ব্যবহার করা হয়েছে। আরও লক্ষ্য করলে দেখতে পাব, অল্‌টারনেটর্‌ ও ডায়োডের ক্যাথোড সার্কিটের মধ্যে একটি রেজিষ্ট্যান্স রাখা হয়েছে, একে বলা হয় **লোড্‌ রেজিষ্ট্যান্স** (Load Resistance) এই লোডের দুই প্রান্তেই (অ্যাক্রশেই) ডি, সি, কারেণ্টের ন্যায় রেক্‌টিফায়েড কারেণ্ট পাওয়া যায়। এই রেকটিফায়েড্‌ কারেণ্টকে ১৩৭নং চিত্রে অঙ্কিত ডায়োড ক্যার‍্যাকটারিস্‌টিকস্‌ কার্ভের আউট-পুটে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে।

এক্ষেত্রে অল্‌টারনেটরের আউট-পুট ভোল্টেজের একপ্রান্ত ডায়োডের প্লেট ও অপর প্রান্ত লোডের মারফৎ ডায়োডের

ক্যাথোডে সংযুক্ত থাকার জন্য প্রতিটি পজিটিভ অল্টারনেশনে, প্লেট ক্যাথোডের তুলনায় পজিটিভ ও ক্যাথোড প্লেটের তুলনায় নেগেটিভ ভোল্টেজ পায়। এইরূপ অবস্থায় ক্যাথোড থেকে নির্গত বিদেহী ইলেকট্রন পজিটিভ প্লেট দ্বারা আকৃষ্ট হয়। ফলে, ইলেকট্রিক কারেণ্ট প্রথমে অল্টারনেটরের পজিটিভ প্রান্ত থেকে আরম্ভ করে কারেণ্ট মিটারের মধ্য দিয়ে প্লেটে ও পরে ক্যাথোডে ও তারপর লোড মারফৎ অল্টার-

১৩৬নং চিত্র—ডায়োড টিউবকে হাফ-ওয়েভ রেকটিফিকেশনের কাজে ব্যবহার করা হয়েছে।

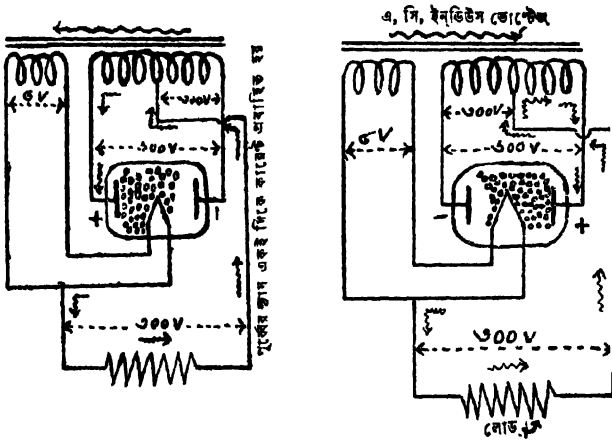
নেটরের নেগেটিভ প্রান্তে ফিরে আসে। এই ভাবে প্লেট-ক্যাথোড সার্কিটের মধ্য দিয়ে কারেণ্ট প্রবাহের সৃষ্টি হয় এবং কারেণ্ট মিটারটি তার নির্দ্দেশ দেয় ও লোডের অ্যাক্রশে ভোল্টেজ পাওয়া যায়।

আর অল্টারনেটরের আউট-পুট্ ভোল্টেজের যে প্রান্তটি প্লেটে সংযুক্ত তার প্রতিটি নেগেটিভ অল্টারনেশনের বেলায় অর্থাৎ অল্টারনেটরের আউট-পুট্ ভোল্টেজ যখন দিক

পরিবর্ত্তন করে প্লেটে নেগেটিভ ভোল্টেজ সরবরাহ করে তখন ডায়োডের প্লেট্ ক্যাথোডের তুলনায় নেগেটিভ ধর্মী হওয়ায় ক্যাথোড থেকে নির্গত বিদেহী ইলেকট্রনগুলিকে বিকর্ষণ করে ওপন্ সার্কিটের (Open Circuit এর) সৃষ্টি করার ফলে প্লেট্-ক্যাথোড সার্কিটে কোনরূপ কারেন্ট প্রবাহিত হবে না ও মিটারের কাঁটাটি স্থির অবস্থায় থাকবে এবং লোডের অ্যাক্রোশে কোন ভোল্টেজ পাওয়া যাবে না।

১৩৭নং চিত্র—১৩৬নং চিত্রের রেকটিফায়েড ভোল্টেজকে ডায়োড ক্যার‍্যাক্টারিস্টিক কার্ভের আউট-পুটে ও অল্টারনেটরের এ-সি ভোল্টেজকে ইন্-পুটে অঙ্কন করা হয়েছে।

এই ভাবে রেকটিফিকেশনের সাহায্যে ডায়োডের আউট-পুটে (লোডের অ্যাক্রশে) ১৩৭নং চিত্রের ন্যায় অল্টারনেটিং কারেন্ট থেকে ডিরেক্ট কারেন্ট পাওয়া যায়। এইরূপ রেক্টিফিকেশনকে বলা হয়, **হাফ্ ওয়েভ রেক্টিফিকেশন্** (**Half-wave Rectification**) বা অর্দ্ধতরঙ্গ সংশোধন। আর এক প্রকারের

রেক্‌টিফিকেশন আছে যাকে বলা হয় **ফুল-ওয়েভ রেক্‌টিফিকেশন্‌** (Full-wave Rectification) বা পূর্ণ তরঙ্গ-সংশোধন। এ ক্ষেত্রে একটি ডবল ডায়োড যুক্ত ভ্যাল্‌ভে অর্থাৎ একটি ভ্যাল্‌ভের মধ্যে রক্ষিত দুইটি প্লেটের সহিত এ-সি সরবরাহের পজিটিভ ও নেগেটিভ উভয় প্রান্তই যুক্ত করে দিক-পরিবর্ত্তী কারেন্ট প্রবাহকে একাভিমুখী কারেন্ট প্রবাহে রূপান্তরিত করা হয়।

১৩৮ এবং ১৩৯নং চিত্র দুইটি লক্ষ্য করলে দেখতে পাব যে সেখানে অল্টারনেটরের পরিবর্ত্তে একটি পাওয়ার ট্রান্সফর্‌মার

১৩৮—১৩৯নং চিত্র—ডবল্‌ ডায়োড যুক্ত ফুল ওয়েভ রেকটিফায়ার সার্কিট।

ব্যবহার করা হয়েছে এবং একটি ফুল-ওয়েভ রেক্‌টি-ফায়ার্‌ ভ্যালভকে ৬০০ ভোল্ট যুক্ত সেকেণ্ডারীর (Secondary) সহিত সংযুক্ত করা হয়েছে এবং ফিলামেণ্টকে উত্তপ্ত করার জন্য ৫ ভোল্ট যুক্ত সেকেণ্ডারী থেকে ভোল্টেজ সরবরাহ করা হচ্ছে। পূর্ব্বের বর্ণনা অনুযায়ী যখন এক

প্রান্তের প্লেট পজিটিভ চার্জযুক্ত হবে, তখন অপর প্রান্তের প্লেট হবে নেগেটিভ চার্জযুক্ত; ফলে, পজিটিভ চার্জযুক্ত প্লেট ফিলামেন্ট থেকে নির্গত ইলেক্‌ট্রনকে আকর্ষণ করে ১৩৮নং চিত্রে তীর-চিহ্ন অঙ্কিত পথে কারেন্ট-প্রবাহিত হয়ে লোডের অ্যাক্রসে ভোল্টেজ সৃষ্টি করবে এবং অপর প্রান্তের প্লেট নেগেটিভ চার্জযুক্ত হওয়ায় বিদেহী ইলেক্‌ট্রনকে বিকর্ষণ করবে। পরবর্ত্তী মুহূর্ত্তে যখন অল্টারনেটিং কারেন্ট দিক পরিবর্ত্তন করবে অর্থাৎ আগের পজিটিভ প্লেট হবে নেগেটিভ চার্জযুক্ত ও নেগেটিভ প্লেট হবে পজিটিভ চার্জযুক্ত, তখন ১৩৯নং চিত্রে তীর-চিহ্ন অঙ্কিত পথে কারেন্ট প্রবাহিত হবে ও লোডের অ্যাক্রসে ভোল্টেজ সৃষ্টি হবে। এই ভাবে অল্টারনেটিং কারেন্টেরও প্রতিটি অল্টারনেশনের সময় লোডের অ্যাক্রসে ভোল্টেজ পাওয়া যাবে। হিসাব করে দেখা গেছে যে, লোড্‌হীন অবস্থায় ফুল-ওয়েভ রেক্‌টিফায়ারের ডি, সি আউট-পুটে হাফ-ওয়েভের দ্বিগুণ ভোল্টেজ পাওয়া যায়, অর্থাৎ এ, সি পিক্‌ ভোল্টেজের '৬৩৭ গুণ বেশী হচ্ছে ডি-সি আউট-পুটের পরিমাণ এবং লোড্‌ যুক্ত অবস্থাতেও হাফ ওয়েভের চেয়ে ফুল-ওয়েভের ভোল্টেজ বেশী।

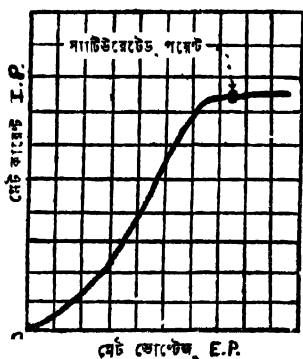
এই প্রসঙ্গে একটি কথা জেনে রাখা দরকার যে, এ-সি ডি-সি সার্কিট ব্যবস্থায় ট্রান্সফরমার্‌ ব্যবহার করা চলে না এবং সে ক্ষেত্রে ইন্‌ডাইরেক্টলি হিটেড টাইপ ভ্যালভ ব্যবহার করা হয়, যেমন—25Z6, 25Z3 ইত্যাদি। আর ফিলামেন্ট সংযোগ অন্যান্য ভ্যাল্‌ভের সাথে সিরিজ ভাবে যুক্ত হয়, তবে শুধু এ-সি সার্কিট ব্যবস্থায় ১৩৮ ও ১৩৯নং চিত্রের ন্যায় ট্রান্সফরমার ব্যবহার করা হয় ও ফিলামেন্টের জন্য ট্রান্সফরমারে স্বতন্ত্র ব্যবস্থা থাকে এবং সমস্ত ভ্যাল্‌ভের ফিলামেন্ট প্যারাল্যাল্‌ ভাবে সংযুক্ত হয়।

এ পর্য্যন্ত আমরা দেখলাম যে প্লেটে পজিটিভ ভোল্টেজ দিলে প্লেট-ক্যাথোড সার্কিটে কারেন্টের উদ্ভব হয় এবং যদি ভোল্টেজ বৃদ্ধি করা যায়, তাহলে কারেন্টের শক্তিও বৃদ্ধি

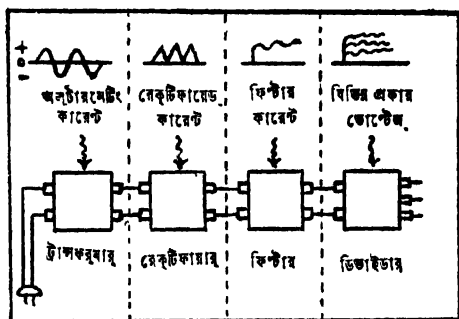
পায়। এখানে প্রশ্ন উঠিতে পারে যে, প্লেটে ইচ্ছামত ভোল্টেজ সরবরাহ করে প্লেট-ক্যাথোড সার্কিটে উচ্চ মাত্রায় কারেন্ট সৃষ্টি করতে পারি কি? কিন্তু তারও একটা সীমা আছে। ক্যাথোড নিজের দেহ থেকে ইলেকট্রনগুলিকে বিদায় দিয়ে নিজেই খানিকটা পজিটিভ হয়ে ওঠে ও বিদেহী ইলেকট্রন-গুলিকে অল্প ভাবে আকর্ষণ করে। ফলে, ঐ মুক্ত নেগেটিভ ইলেকট্রনগুলি ক্যাথোড-সংলগ্ন স্থানকে মেঘপুঞ্জের ন্যায় পরিপূর্ণ করে রাখে। তাই টেকনিকের ভাষায় একে বলা হয় **স্পেস চার্জ**। এই স্পেস চার্জ ক্যাথোড থেকে নির্গত ও প্লেটের দিকে প্রবাহিত ইলেকট্রনগুলিতে বাধার সৃষ্টি করে। পূর্ব্বেই বলেছি, যদি প্লেটে ভোল্টেজ বৃদ্ধি করা যায়, তাহলে প্লেট-ক্যাথোড সার্কিটে কারেন্ট বৃদ্ধি পায়, কারণ, স্পেস-চার্জের কবল থেকে আরও বেশী ইলেকট্রন প্লেট দ্বারা আকৃষ্ট হতে পারে। এই বাধা দেবার শক্তি (Repelling Action) ও ইলেকট্রনের পরিমাণ (Amount of Space-Charge নির্ভর করে ক্যাথোড টেম্পারেচার এবং প্লেট পোটেন্‌শিয়ালের উপর অর্থাৎ প্লেটের ভোল্টেজ বৃদ্ধি করলে স্পেস-চার্জের বাধা দেবার ক্ষমতা কমে যায়; ফলে, প্লেট ক্যাথোড সার্কিটের কারেন্ট বৃদ্ধি পায়। প্লেট-ভোল্টেজ বৃদ্ধির সাথে কি অনুপাতে প্লেট-কারেন্ট বৃদ্ধি পায় তা লক্ষ্য করা হয় ১৪০নং চিত্রে অঙ্কিত ডায়োড টিউব বা ভ্যাল্‌ভের ক্যারাক্টারিস্টিকস্ কার্ভের সাহায্যে। এ বিষয়ে পরে টিউব ক্যার‍্যাক্টারিস্টিক্-কার্ভে আলোচনা করা হয়েছে।

এই কার্ভের সাহায্যে ডায়োড-টিউবের প্লেট-ভোল্টেজ ও প্লেট-কারেন্টের সম্পর্ক বুঝা যায়। প্লেট-ভোল্টেজকে সংক্ষেপে

Ep ও কারেণ্টকে Ip বলা হয়। তাই ক্যার‍্যাকটারিস্‌টিকস্ কার্ভকে Ep-Ip কার্ভ বলা হয়।

চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব, রেখাটি খানিকটা গিয়ে ডান্ দিকে বেঁকে গিয়েছে, কারণ, যে কোন নির্দ্দিষ্ট উত্তাপে ক্যাথোড থেকে ইলেকট্রন নিষ্কাশনের একটা সীমা আছে। সীমাহীন ভাবে প্লেট-ভোল্টেজ বৃদ্ধি করতে গিয়ে যখন এমন এক পর্য্যায়ে গিয়ে পৌঁছায় যে, ক্যাথোড থেকে নির্গত সমস্ত ইলেকট্রনই সোজা প্লেটে গিয়ে পৌঁচাচ্ছে, তখন

১৪০নং চিত্র—ডায়োড টিউবের প্লেট-ভোল্টেজ ও প্লেট-কারেণ্ট।

যদি প্লেট-ভোল্টেজকে আরও বেশী বৃদ্ধি করা হয়, তাহলে নিশ্চয়ই প্লেট-কারেণ্ট আর বৃদ্ধি পাবে না। এইরূপ অবস্থায় ঐ ম্যাক্‌সিম্যাম কারেণ্টকে বলা হয় **স্যাচুরেশন কারেণ্ট** আর ঐ বিন্দুকে বলা হয় স্যাচুরেটেড পয়েণ্ট। যেহেতু, স্যাচুরেশন কারেণ্ট, ক্যাথোড থেকে নির্গত সকল বিদেহী ইলেকট্রনের মোট পরিমাণকে বুঝায় সেহেতু একে **এমিশন কারেণ্ট** অথবা এক কথায় এমিশন বলা হয়।

ক্যাথোড থেকে উপযুক্ত পরিমাণ ইলেকট্রন নির্গত হচ্ছে কিনা পরীক্ষার জন্য প্লেটে বেশী রকম ভোল্টেজ দিয়ে মিলি-এ্যাম-মিটারের সাহায্যে কারেন্টের ঐ শক্তি পরীক্ষাকে বলা হয় **"এমিশন"** পরীক্ষা। কিন্তু এইরূপ পরীক্ষার ব্যাপারে ভ্যাল্‌ভকে স্যাচুরেশন্‌ পয়েন্টে নিয়ে যাওয়া চলে না। কারণ, ভ্যাল্‌ভ ক্ষতিগ্রস্থ হয়ে যেতে পারে। তাই পূর্ব্বেই বলেছি, প্লেটে ভোল্টেজ সরবরাহের একটা সীমা আছে।

১৪১নং চিত্র—এ সি পাওয়ার সাপ্লাই ষ্টেজের বিভিন্ন কার্য্যকারিতা।

পাওয়ার সাপ্লাই ষ্টেজ—রেক্‌টিফিকেশন্‌ সম্বন্ধে আলোচনা এই খানেই শেষ হয়ে যেত কিন্তু তার পাওয়ার সাপ্লাই ষ্টেজ সম্বন্ধে সামান্য কিছু না বললে অধ্যায় অসম্পূর্ণ রয়ে. যায় কারণ লোডের অ্যাক্রসে যে ভোল্টেজ পাওয়া যায় সেটা হচ্ছে **পালসেটিং ভোল্টেজ** অর্থাৎ এক সময় লোডের অ্যাক্রসে ভোল্টেজ এল, তার পর মুহূর্ত্তে কিছুই নাই—আবার এল, আবার নাই, আবার এল.........। এইরূপ (Unfiltered) ভোল্টেজকে যদি গ্রাহক-যন্ত্রের (রিসিভারের) অন্যান্য ভ্যাল্‌ভের প্লেটে সরবরাহ করা যায় তাহলে লাউড্‌স্পিকারে একপ্রকার

হাম্ দেখা দেয়। তাই এইরূপ ভোল্টেজকে ফিল্টারেশন করা দরকার হয়। গ্রাহক-যন্ত্রের মধ্যে যে অংশ বা ষ্টেজ এই সকল কার্য্যের জন্য ব্যবহৃত হয় তাকে বলা হয়, **পাওয়ার সাপ্লাই ষ্টেজ**। ১৪১নং চিত্রে একটি এ-সি রিসিভারের পাওয়ার সাপ্লাই-এর চারিটি অংশকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে।

১। ষ্টেপ-আপ-ট্রান্সফরমার্

২। রেকটিফায়ার

৩। ফিল্টার

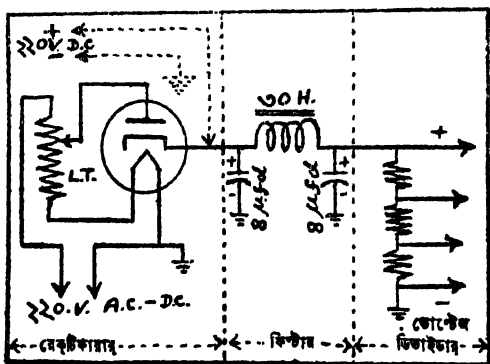
৪। ভোল্টেজ ডিভাইডার

উপরিলিখিত চারিটি অংশকে ভাল ভাবে দেখলে বুঝা যাবে যে, এ-সি রিসিভারের উদ্দেশ্যই হচ্ছে অল্টারনেটিং কারেন্টকে প্রথম ট্রান্সফর্মারের সাহায্যে ষ্টেপ্-আপ্ করা অর্থাৎ উচ্চ ভোল্টেজের সৃষ্টি করা। (এ কেবল ট্রান্সফর্মারের বেলাই সম্ভব)। দ্বিতীয়তঃ রেক্‌টিফায়ার টিউবের সাহায্যে এ-সিকে ডি-সিতে রূপান্তরিত করা। তৃতীয়তঃ ঐ পালসেটিং ভোল্টেজকে ফিল্টারের সাহায্যে স্থায়ী শক্তি সম্পন্ন করে তোলা। চতুর্থতঃ ঐ স্থায়ী শক্তি সম্পন্ন ভোল্টেজকে রিসিভারের * হাইটেন্‌শন (H. T.) সাইডে এবং লো-টেন্‌শন্ (L. T) সাইডে প্রয়োজন অনুযায়ী ভাগ করে দেওয়া।

মোটের উপর দেখা যাচ্ছে, রিসিভারকে বাড়ীর এ-সি সরবরাহে যুক্ত করলেও প্রকৃত পক্ষে রিসিভারটি কাজ-

---

* রিসিভারে ব্যবহৃত সকল টিউবের প্লেট ভোল্টেজকে হাইটেশন (HT) ভোল্টেজ এবং ফিলামেণ্ট ভোল্টেজকে লো-টেনশন (LT) ভোল্টেজ বলা হয়।

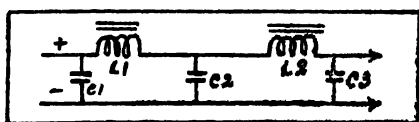
করে ডি-সি ভোল্টেজের সাহায্যে। তাই কেবল ডি-সি রিসিভারে ট্রান্সফর্মার্ বা রেক্‌টিফায়ারের প্রয়োজন হয় না। তবে ফিল্টার সার্কিটে ইলেকট্রোলিটিক কন্‌ডেন্সারের বদলে পেপার টাইপ কন্‌ডেন্সার ব্যবহার করা হয়, এ-সি, ডি-সি রিসিভারে ব্যবহৃত পাওয়ার সাপ্লাই ব্যবস্থায় কেবল ট্রান্সফর্মার্ বাদে—রেকটিফায়ার, ফিল্টার ও ভোল্টেজ ডিভাইডার এই তিনটিই প্রয়োজন হয়। যেমন ১৪২নং চিত্রে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। চিত্র লক্ষ্য

১৪২নং চিত্র—ডি-সি এবং এ সি/ডি-সি পাওয়ার সাপ্লাই ষ্টেজের বিভিন্ন অংশ।

করলে দেখতে পাব যে. শুধু ডি-সি সরবরাহের বেলায় মেন্-লাইনের দুই প্রান্তে পজিটিভ (+) ও নেগেটিভ (−) চিহ্নিত করে রাখা হয়েছে, কারণ আমরা জানি, ইলেকট্রোলিটিক কন্‌ডেন্সারের পজিটিভ প্রান্ত যখন ডি-সি ভোল্টেজের পজিটিভ প্রান্তে এবং নেগেটিভ প্রান্ত যখন ডি-সি ভোল্টেজের নেগেটিভ প্রান্তে যুক্ত থাকে তখন কারেন্ট তার মধ্য দিয়ে

প্রবাহিত হতে পারে না। কিন্তু যদি ঐ কনডেন্সারের পজিটিভ ও নেগেটিভ প্রান্ত যথাক্রমে সরবরাহের নেগেটিভ ও পজিটিভ প্রান্তে যুক্ত হয়, তা হলে কারেণ্ট তার মধ্য দিয়ে অতি সহজে প্রবাহিত হয়ে সর্ট-সার্কিটের সৃষ্টি করে। ফলে, কন্‌ডেন্সারটি নষ্ট হয়ে যায় ও বাড়ীর মেন্‌ ফিউজ হয়ে যায়। কিন্তু ব্লক টাইপ বা পেপার টাইপ কন্‌ডেন্সারের বেলায় ঐরূপ কোন সর্ট-সার্কিটের সম্ভাবনা নাই, তাই কেবল ডি-সি গ্রাহক যন্ত্রের ফিল্টার সার্কিটে ব্লক-টাইপ বা পেপার-টাইপ কনডেন্সার ব্যবহার করা হয়। কিন্তু এ-সি/ডি-সি রিসিভারে মেন্‌ প্লাগ উল্টে গেলে ইলেক্‌ট্রোলিটিক কন্‌ডেন্সার থাকা সত্ত্বেও কোন বিপদের আশঙ্কা থাকে না। কারণ, টিউবের প্লেট যখন সরবরাহের পজিটিভ প্রান্তে যুক্ত হয় তখনই কেবল প্লেট-ক্যাথোড সার্কিটে কারেণ্ট প্রবাহিত হয়ে সার্কিট সম্পন্ন করে। আর প্লাগ উল্টে কন্‌ডেন্সারের নেগেটিভ প্রান্তে পজিটিভ ভোল্টেজ দিলেও প্লেটে নেগেটিভ ভোল্টেজ থাকায় প্লেট-ক্যাথোড সার্কিটে কোন কারেন্ট প্রবাহ থাকে না তাই সর্ট-সার্কিটের কোন সম্ভাবনা থাকে না; ফলে বিপদেরও কোন আশঙ্কা থাকে না। এখন দেখা যাক পাওয়ার সাপ্লাই ষ্টেজের এই পরবর্ত্তী অংশদ্বয় অর্থাৎ ফিল্টার সার্কিট ও ভোল্টেজ ডিভাইডার সার্কিট কি ভাবে কাজে করে।

ফিল্টার সার্কিট—রেক্‌টিফায়ারের আউট-পুটে ডি-সি ভোল্টেজ পেলাম বটে, কিন্তু পূর্ব্বেই বলেছি সেটা পালসেটিং ভোল্টেজ। এই পালসেটিং ভোল্টেজকে ব্যাটারী চার্জিংএর কাজে ব্যবহার করা যায়, কিন্তু রেডিওর কাজে ব্যবহার করতে হলে প্রথমে ফিল্টারেশনের দরকার হয়।

রেডিও গ্রাহক-যন্ত্রে পাওয়ার সাপ্লাইএ ব্যবহৃত দুই প্রকারের ফিল্টার সিস্‌টেমকে (Filter System) ১৪৩ ও

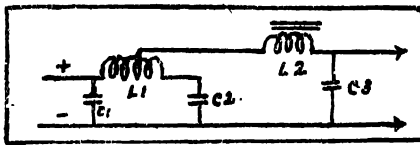
১৪৪নং চিত্রে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। ১৪৩নং চিত্রে অঙ্কিত সার্কিটটি সাধারণতঃ বেশীর ভাগ ক্ষেত্রেই ব্যবহৃত হয়ে থাকে। চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব দুইটি চোক্ L_1 ও L_2 লাইনের সহিত সিরিজ ভাবে এবং তিনটি কন্‌ডেন্সার C_1 C_2 ও C_3 প্যারাল্যাল ভাবে ব্যবহার করা হয়েছে। L_1 ও L_2কে লাইনের পজিটিভ বা নেগেটিভ যে কোনও সাইডে লাগান যেতে পারে। তাতে ফল একই হয়। L_2 সাধারণতঃ ডাইন্যামিক্ স্পিকারের ফিল্ড-কয়েলের সাথে যুক্ত করা থাকে এবং স্পিকারের এক্‌সাইটার হিসাবে কাজ করে, তাতে খরচাও কম পড়ে। এ-সকল চোকের ইম্‌পিডেন্স

১৪৩নং চিত্র।

সাধারণতঃ ১৫ থেকে ৩০ হেনরী হয়ে থাকে এবং কোন কোন সস্তা দরের রিসিভারে (গ্রাহকযন্ত্রে) কেবল ফিল্ড কয়েলকেই অথবা শুধু মাত্র একটি চোককেই (L_1) ফিল্টার সার্কিটে ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

১৪৪নং চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব যে L_1 চোকের অংশ বিশেষ C_2 কন্‌ডেন্সারের সাথে সিরিজ ভাবে রাখা হয়েছে। এইরূপ ফিল্টার সার্কিট ব্যবহৃত গ্রাহক-যন্ত্রে খুব ভাল ফল পাওয়া যায়। আর এইরূপ সার্কিট ব্যবস্থাকে **মীস্‌নার সিস্‌টেম্** (Miessner System) বলা হয়।

ফিল্টার সার্কিট সম্বন্ধে খুব ভাল ভাবে জানতে পারা যায়, যদি ইন্‌ডাক্‌ট্যান্স এবং কন্‌ডেন্সারের কার্য্যকারিতা সম্বন্ধে জ্ঞান থাকে।

এক্ষেত্রে শুধু উল্লেখ করা যেতে পারে যে, ফিল্টার সার্কিটে ব্যবহৃত ইন্‌ডাকট্যান্সের (চোকের) কাজই হচ্ছে রেক্‌টিফায়ার-আউট-পুটের সমস্ত ডি-সি তরঙ্গাকৃতিকে বাধা দেওয়া আর কন্‌ডেন্সারের ধর্ম্মই হচ্ছে চার্জ ও ডিসচার্জ হওয়া।

যখন রেক্‌টিফায়ারের প্লেটে পজিটিভ ভোল্টেজ আসে, তখনই কেবল প্লেট-কারেণ্ট সুরু হয় ও C_1কে চার্জযুক্ত করে তোলে। পরবর্ত্তী মুহূর্ত্তে যখন প্লেটে নেগেটিভ ভোল্টেজ আসে, তখন সার্কিটের কোন কারেণ্ট থাকে না। ফলে C_1 কন্‌ডেন্সারটি ডিসচার্জ হয়ে লোড-সার্কিটে কারেণ্ট সরবরাহ করে। এক কথায় C_1 কে বলা হয় মজুত-দারী (Reservoir) কন্‌ডেন্সার। কারণ যে সময়টুকুর জন্য প্লেট-ক্যাথোড সার্কিটে

১৪৪নং চিত্র।

কারেণ্ট থাকে না, সে সময় লোড-সার্কিটে কারেণ্ট প্রবাহিত হয়ে পরিস্রুতি ব্যবস্থাকে সাহায্য করে।

এই C_1 কন্‌ডেন্সারটি ক্যাথোড প্রান্তে সংযুক্ত থাকায় ডি-সি ভোল্টেজকে ধারাবাহিক ভাবে চালনা করে। এর পরিমাপ সাধারণতঃ দুই থেকে চার মাইক্রোফ্যারাড (μfd) হয়ে থাকে। তবে যেখানে মাত্র দুইটি কন্‌ডেন্সার (C_1 C_2) ব্যবহৃত হয়, সেখানে ৮ μfd ব্যবহার করা ভাল। এই কন্‌ডেন্সারটি পালসেটিং ক্যারেণ্টের ম্যাক্‌সিমাম্ ভোল্টেজকে ধারাবাহিক ভাবে বাধা দান করে বলে এর পরিমাপ খুব উচ্চ ভোল্টেজের হওয়া উচিত; যাতে সহজে এর ডাই-ইলেকট্রিক

নষ্ট হয়ে না যায়। যেহেতু এ-সি সার্কিটের ম্যাক্সিমাম্ ভোল্টেজ একেকটিভ ভোল্টেজের ১'৪১ গুণের সমান, সেইহেতু কন্‌ডেন্সার C_1এর পরিমাণ এমন হওয়া উচিত যাতে রেকটিফায়ার ভোল্টেজের ১'৪১ গুণ তার সহনশক্তি থাকে। উদাহরণ স্বরূপ, যদি ১৩৯নং চিত্রটি ধরে নেওয়া যায়, (এর লোডের অ্যাক্রসের ভোল্টেজ হচ্ছে ৩০০ ভোল্ট) তাহলে পূর্ব্বের বর্ণনা অনুযায়ী এক্ষেত্রে ম্যাক্সিমাম্ ভোল্টেজ হবে ৩০০ X ১'৪১ = ৪২৩ ভোল্ট।

দ্বিতীয় কন্‌ডেন্সার C_2এর কাজ হচ্ছে, প্রথম ফিল্টার চোকের পর ডি-সি ভোল্টেজের সামান্য যেটুকু উত্থান ও পতন (পালস্) থাকে, তাকে সমান করে হ্যাম্‌কে (Hum) সম্পূর্ণ নষ্ট করে দেওয়া। যদিও এর পরিমাপ ২ থেকে ৪ μfd হওয়া উচিত, কিন্তু কন্‌ডেন্সার C_2 সার্কিটের অডিও-ফ্রিকোয়েন্সী কারেন্টকে (A. F. Current) প্রবাহের জন্য খুব সহজ পথ করে দেয় ও প্রায় সকল ক্ষেত্রেই ফিল্টার-সার্কিটে যে স্থান থেকে পাওয়ার-টিউবকে কারেন্ট দেওয়া হয়, সেই স্থান থেকে গ্রাউণ্ড করা থাকে বলে এর পরিমাণ ৮ μfd হিসাবে সর্ব্বজন সম্মত।

পরবর্ত্তী কন্‌ডেন্সার C_3 ফিল্টার হিসাবে খুব বেশী প্রয়োজনীয় না হলেও সময় বিশেষে যোগানদার হিসাবে খুব ভাল কাজ দেয়। তাই C_3 কন্‌ডেন্সারকেও অনেকটা মজুতদারী কন্‌ডেন্সার বলা যেতে পারে: কারণ, এর কাজ হল, খানিকটা কারেন্ট নিজের মধ্যে মজুত রেখে দেওয়া (Storing-up Current) এবং যখন সার্কিটে ভোল্টেজ ড্রপ ঘটে বা তার নিজের প্রয়োজনীয় চার্জিং কারেন্টের তুলনায় সার্কিটে কারেন্ট কমে যায়; তখন কন্‌ডেন্সারটি ডিস্‌চার্জ হয়ে যায় ও সেই সময়টুকুর জন্য ক্ষতি পূরণ করে আবার চার্জ্যাড

হয়ে উঠে। কারণ, পতনের সঙ্গে সঙ্গে ক্ষতি পূরণের মত বেশী কারেন্ট রেক্টিফায়ার সরবরাহ করতে পারে না। তাই C_3 কন্‌ডেন্সারের পরিমাণ ১ থেকে ৪ μfd বা আরও বেশী মাইক্রোফ্যারাড হয়ে থাকে।

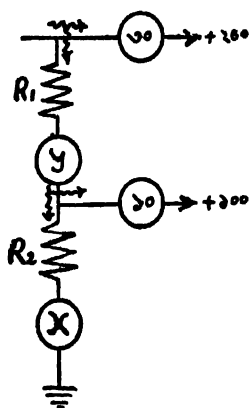
এই ফিল্টার ব্যবস্থায় সাধারণতঃ ফিল্টার-কন্‌ডেন্সার ইলেক্‌ট্রোলিটিক্‌ টাইপের হয়ে থাকে। কারণ, যদি কোন সময়ে উচ্চ ভোল্টেজের দরুণ ডাই-ইলেকট্রিক ছিদ্র হয়ে যায়, তাহলে ইলেক্‌ট্রোলিটিক্‌ কনডেন্সার নিজে থেকেই তা পূর্ব্বাবস্থায় ফিরিয়ে আনতে পারে। এই বিষয়টি বিশেষ ভাবে মনে রাখতে হবে, কারণ, একটি পাওয়ার সাপ্লাইকে এক সপ্তাহ বা তারও বেশী অকেজো অবস্থায় ফেলে রাখার পর প্রথম যখন তাকে কাজে লাগান হয় তখন কনডেন্সারের ডাই-ইলেকট্রিক ঠিক মত কাজ করে না। প্রথমেই তার মধ্য দিয়ে শক্তিশালী কারেন্ট প্রবাহিত হয়ে সমস্ত প্লেট-সার্কিটে লো-ভোল্টেজের সৃষ্টি করে। আবার পর মুহূর্ত্তে নিজ থেকেই সংশোধিত হয়ে ডাইলেকটিক গঠন করে পূর্ব্বাবস্থায় ফিরে আসে। তবে একথাও বলি না যে, তাদের পূর্ব্বাবস্থায় ফিরে আসবার শক্তি আছে বলে একেবারেই নষ্ট হয় না, বা পরি-বর্ত্তনের প্রয়োজন হয় না। বেশ কিছুদিন অকেজো অবস্থায় থাকলে ডাইলেকট্রিক শুষ্ক হয়ে যায়, ফলে অব্যবহার্য্য হয়ে পড়ে।

হাফ-ওয়েভ রেক্‌টিফিকেশনে কন্‌ডেন্সারের ডিসচার্জের সময় খুব বেশী হওয়ায় হাফ-ওয়েভের চেয়ে ফুল-ওয়েভের ক্ষেত্রে ফিল্টার সার্কিটের কাজ খুব ভাল হয়। কারণ, ফুল-ওয়েভ রেকটিফিকেশনে ডি-সি ওয়েভসের ফ্রিকোয়েন্সী হাফওয়েভের তুলনায় দ্বিগুণ, ফলে, কন্‌ডেন্সারের চার্জ ও ডিস্‌-চার্জের সময়ও অপেক্ষাকৃত কম, তাই ফুল-ওয়েভকেই ভাল ফিল্টার করা চলে।

ভোল্টেজ ডিভাইডার সার্কিট—এ পর্য্যন্ত আমরা যে ভোল্টেজ পেলাম সেটা হচ্ছে এ-সি থেকে ডি-সিতে রূপান্তরিত ও স্মুদিং ফিল্টারের সাহায্যে স্থায়ী শক্তিসম্পন্ন ভোল্টেজ। এখন ঐ ভোল্টেজকে অন্যান্য টিউবের H. T. সাইডে প্রয়োজন অনুযায়ী ভাগ করে দেওয়াই হল ভোল্টেজ ডিভাই-ডারের (Voltage Divider) কাজ—এক কথায় পাওয়ার-সাপ্লাইয়ের শেষ কাজ।

ভোল্টেজ ডিভাইডার হচ্ছে কয়েকটি রেজিষ্ট্যান্সের সমন্বয় মাত্র। একটি বড় রেজিষ্ট্যান্সের গায়ে কতকগুলি ক্ল্যাম্প লাগিয়ে ভোল্টেজ সরবরাহের ব্যবস্থা করা যায়। আবার, সার্কিটের বিভিন্ন স্থানের প্রয়োজনীয় ভোল্টেজ,—কতকগুলি পৃথক পৃথক রেজিষ্ট্যান্সকে সিরিজ ভাবে লাগিয়ে—সরবরাহের ব্যবস্থা করা হয়। বেশীর ভাগ গ্রাহকযন্ত্রেই শেষোক্ত ব্যবস্থাটি অবলম্বন করা হয়।

উভয় ক্ষেত্রেই রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাপ নির্ণয়ের জন্য ওম্ সূত্রের সাহায্য নেওয়া হয়। তবে দ্বিতীয় ব্যবস্থায় সার্কিট নির্ণয়ের সময়ে প্রত্যেকটি রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেণ্ট সম্বন্ধে খুব সচেতন থাকতে হয়, কারণ, ১৪৫নং চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব যে, কোন একটি স্থানের প্রয়ো-জনীয় ভোল্টেজ ১০০ ভোল্ট ও মিলিএম্মিটারের সাহায্যে ১০ মিলি-এ্যাম্পিয়ার কারেণ্টকে দেখান হয়েছে। এইরূপ ক্ষেত্রে প্রথমেই আমরা R_1 এর পরিমাণ নির্ণয় করতে যাব। কিন্তু R_1 এর মধ্য দিয়ে কত কারেণ্ট প্রবাহিত হচ্ছে তাত আমাদের জানা নাই—খালি এই পর্য্যন্ত বলা যায় যে, ১০০ ভোল্ট সার্কিটের কারেণ্ট হচ্ছে ১০ মিলি-এ্যাম্পিয়ার। কিন্তু চিত্রে তীর-চিহ্নের দ্বারা দেখান হয়েছে যে R_2 রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য

দিয়ে প্রবাহিত কারেন্টের পরিমাণ R_1 এর চেয়ে বেশী। অর্থাৎ R_2 এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট যোগ R_1 কারেন্ট (R_2 কারেন্ট $= R_2 + R_1$ কারেন্ট)।

১৪৫নং চিত্র।

তাহলে প্রথমেই আমাদের R_2 রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাপ নির্ণয় করতে হবে, যার কাজই হচ্ছে, রেক্‌টিফায়ার্‌ কারেণ্ট সার্কিটকে সম্পূর্ণ করা। আর সব সময়ই সার্কিট সম্পূর্ণ করে রাখার মানেই হচ্ছে, অতিরিক্ত ভোল্টেজ থেকে সার্কিটকে রক্ষা করা। কারণ, আমরা জানি, ইন্‌ডাইরেক্টলি-হিটেড টাইপ টিউব যুক্ত সার্কিটে কাজ আরম্ভ হতে কিছুক্ষণ সময় নেয়। সুইচ্‌-অন করবার সঙ্গে সঙ্গেই সার্কিটের মধ্য দিয়ে ডি-সি কারেণ্ট প্রবাহিত হয় না।

মোটের উপর এর অর্থ হচ্ছে, যদি রেক্‌টিফায়ার সার্কিট সম্পূর্ণ না থাকে, তবে হাই-ভোল্টেজ সেকেণ্ডারী সামান্য মাত্রায় ভোল্টেজ সরবরাহ করবে এবং ট্রান্সফরমারের ধর্ম্মই হচ্ছে. আউট-পুট কারেণ্ট কমবার সঙ্গে সঙ্গে ভোল্টেজের বৃদ্ধি ঘটান ; ফলে, ভোল্টেজ এত উচ্চ মাত্রায় এসে পড়ে যে ফিল্টার বা বাই-পাস্‌ কনডেন্সার ক্ষতিগ্রস্থ হয়ে পড়ে।

অবশ্য রেজিষ্ট্যান্স ধারাবাহিক ভাবে কারেণ্ট প্রবাহের সহায়তা করবে, যদি তার পরিমাণ খুব বেশী না, হয়। সাধারণতঃ ১০ থেকে ২৫ মিঃএঃ কারেন্টই যোগ্য বলে

বিবেচিত হয়। একেই বলা হয় রেকটিফায়ারের ব্লিডিং কারেন্ট (Bleeding the Rectifire)।

এখন দেখা যাক্ R_2 রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ কত হয়। যদি ১০ মিঃএঃ কারেন্টকে ব্লিডার কারেন্ট হিসাবে ধরা হয় আর রেজিষ্ট্যান্সের অ্যাক্রসে পোটেনশিয়াল ভোল্টেজ ১০০ ভোল্ট হয়, তাহলে R_2 এর পরিমাণ হবে—

$$R = \frac{E}{I} = \frac{১০০}{\cdot০১} = ১০,০০০ \text{ ওম্‌স্}$$

পুনরায় R_2 এর সহন-শক্তির (watts) হিসাব করতে গেলে ওয়াটের দ্বিতীয় সূত্র অর্থাৎ কারেন্টের বর্গকে রেজিষ্ট্যান্স দিয়ে গুণ করতে হবে।

$$W = I^2 \times R = \cdot০১ \times \cdot০১ \times ১০,০০০ = ১ \text{ ওয়াট্।}$$

পূর্ব্বের বর্ণনা অনুযায়ী * চতুর্গুণ করলে হয় ৪ ওয়াট্। কিন্তু ৪ ওয়াটের কোন রেজিষ্ট্যান্স না হওয়ায় ৫ ওয়াটকেই নির্দ্দিষ্ট করা হয়। কারণ সাধারণ কমারশিয়েল ভ্যালু হচ্ছে ৫ ওয়াট।

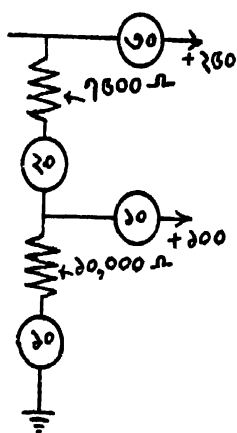
তাহলে ১৪৫নং চিত্রে অঙ্কিত (x) এর পরিমাণ যখন পেলাম তখন অনায়াসে R_1 এর পরিমাণ নির্ণয় করা যায়। এই রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে ২০০ ভোল্ট সার্কিটের জন্য প্রবাহিত হচ্ছে ১০ মিঃএঃ যোগ ব্লিডার কারেন্ট (১০ মিঃএঃ), তাহলে (y) এর কারেন্ট হবে (১০ মিঃএঃ + ১০ মিঃএঃ) ২০ মিঃএঃ।

* পূর্ব্বেই বলেছি রেজিষ্ট্যান্সকে অতিরিক্ত উত্তাপের হাত থেকে রক্ষা করার জন্য তার ম্যাকসিম্যাম ওয়াটের দ্বিগুণ থেকে চতুর্গুণ ওয়াটকেই ব্যবহার করতে হয়। তাই থিওরী অনুযায়ী এখানে চতুর্গুণ করা হলেও প্র্যাকটিক্যাল সার্কিটে দ্বিগুণ ওয়াটই সর্ব্বজন সম্মত।

এক্ষণে R_1 রেজিষ্ট্যান্সের অ্যাক্রসে ভোল্টেজ-ড্রপ যদি ২৫০—১০০=১৫০ ভোল্ট হয়, তাহলে R_1 এর পরিমাণ হবে—

$$R=\frac{E}{I}=\frac{১৫০}{.০২}=৭,৫০০ \text{ ওম্‌স্}$$

R_1 এর ওয়াট হবে—

$$W=E\times I=১৫০\times .০২=৩\times ৪=১২ \text{ ওয়াট।}$$

১৪৬নং চিত্র।

কিন্তু অসুবিধা এই যে, ১২ ওয়াটের কোন রেজিষ্ট্যান্স হয় না, সাধারণ ১০ ওয়াটের পরই ২০ ওয়াট হয়ে থাকে। তাই এর মধ্যে যে কোন একটি বেছে নিতে হয়। প্রথমটি কাজ খুব ভাল দেয়, কিন্তু সামান্য গরম হয়ে ওঠে। দ্বিতীয়টি একেবারেই গরম হয় না, কিন্তু মূল্য হিসাবে বেশী। তাই প্রথমটি নির্দ্দিষ্ট করাই ঠিক।

চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব, চিত্রে চিহ্নিত ২৫০ ভোল্ট সার্কিটের জন্য ৩০ মিলি-এ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট, ভোল্টেজ ডিভাইডার সার্কিটের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হচ্ছে না। সেই জন্য ওর কোন ব্যবহার করলাম না।

Test Questions

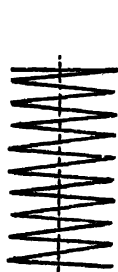
1. *Define rectification.*
2. *Describe the operation of half-wave rectification.*
3. *Explain and show by diagram, how a double-diode tube may be connected to form a full-wave rectifier circuit.*
4. *When practically all the electrons emitted by the cathode of a tube are attracted by the plate, can more plate current still be obtained by increasing the plate voltage ?*
5. *What do you understand by the word "Saturation point"?*
6. *Name the four principal parts of a power supply stage and describe, with the aid of a block diagram, the function of each.*
7. *What is the name given to the plate voltage and filament voltage af a tube ?*
8. *In place of electrolytic, what type of condenser are used in a D/C receiver ?*
9. *For what purpose is a filter device used in a power supply, what does this filter consist of ?*
10. *Explain, why the condenser C, in a filtes shown in fig. 144, is called upon to withstand the highest voltage ?*
11. *What is the purpose of the voltage divider when used in connection with the power supply of a receiver ?*

অষ্টম অধ্যায়

ডিটেক্‌শন

(Detection)

পূর্ব্বে ডিটেক্‌শন সম্বন্ধে কিছুটা আলোচনা করা হয়েছে, তবে এখন বিশদ ভাবে বর্ণনা করা হবে। প্রথমেই দেখা যাক্ রেডিও ওয়েভসের ডিটেক্‌শন বলতে কি বুঝি ?

পূর্ব্বেই (পৃঃ—১৬৫) বলা হয়েছে যে যখন গান, বাজনা আবৃত্তি প্রভৃতি শব্দ-তরঙ্গকে রেডিও ট্রান্সমিটিং ষ্টেশন (প্রেরক

অমিশ্রিত রেডিও ওয়েভ্‌স্ — ১৪৭নং চিত্র

অডিও ওয়েভ্‌স্ — ১৪৮নং চিত্র

অডিও মিশ্রিত রেডিও ওয়েভ্‌স্ — ১৪৯নং চিত্র

যন্ত্র) থেকে ট্রান্সমিট (প্রেরণ) করা হয়, তখন তার এরিয়াল থেকে একপ্রকার রেডিও ফ্রিকোয়েন্সি ওয়েভস বা ক্যারিয়ার ওয়েভস্ চতুর্দ্দিকে ছড়িয়ে পড়ে, যার এ্যাম্‌প্লিচ্যুড অডিও-ফ্রিকোয়েন্সির স্পন্দন অনুযায়ী উঠা নামা করে অর্থাৎ অডিও-

ওয়েভসকে রেডিও-ওয়েভসের সাথে মিশ্রিত করে রাখা হয়। ১৪৭, ১৪৮ ও ১৯৪নং চিত্রে রেডিও ওয়েভসের মিশ্রিত ও অমিশ্রিত উভয় চিত্রই দেখান হয়েছে। লক্ষ্য করলে দেখা যাবে যে ১৪৭নং চিত্র হচ্ছে রেডিও-ওয়েভস্, ১৪৮নং চিত্র অডিও-ওয়েভস্; যাকে রেডিও-ওয়েভসের সাথে মিশ্রিত করা হয়, এবং ১৪৯নং চিত্র অডিও মিশ্রিত রেডিও ওয়েভসেরই রূপ।

আমরা জানি, গ্রাহক যন্ত্রে (রিসিভার) রিপ্রোডিউসারের (লাউডস্পিকার) জন্য কেবলমাত্র অডিও-ওয়েভস্‌কেই দরকার। তাই মিশ্রিত রেডিও ওয়েভস্ থেকে অডিও ওয়েভস্‌কে আলাদা বা **ডি-মডিউলেট** করা হয়। এইরূপ ডি-মডিউলেশন প্রণালীকে বলা হয় **ডিটেকশন**। আর গ্রাহক যন্ত্রের যে অংশ বা ষ্টেজ্ এইরূপ আলাদা করার বা ডি-মডিউলেশনের কাজ করে তাকে বলা হয়. **ডি-মডিওলেটর** বা **ডিটেক্টর ষ্টেজ্**।

ডিটেক্টরের শ্রেণী বিভাগ—ডিটেক্টর ষ্টেজ্ বা সার্কিট সাধারণতঃ তিন প্রকারের হয়ে থাকে। যেমন—

১। ডায়োড-ডিটেক্টর

২। গ্রিড-লিক্ ডিটেক্টর

৩। গ্রিড-বায়্যাস ডিটেক্টর

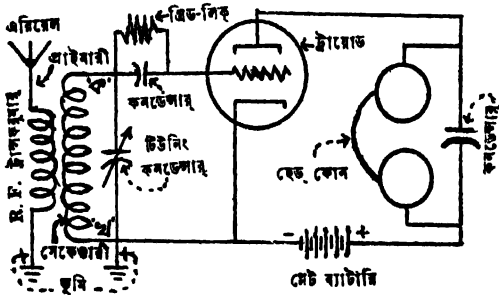
ডায়োড ডিটেকশন সম্বন্ধে পূর্ব্বে (পৃঃ—১৬৬) আলোচনা করা হয়েছে। তাই তার পুনরুল্লেখ না করে এখন কেবল গ্রিড্-লিক্-ডিটেক্টর আর গ্রিড-বায়্যাস্ ডিটেক্টরের আলোচনা করা হবে।

গ্রিড্-লিক্-ডিটেকটর—বর্ত্তমানে অধিকাংশ গ্রাহক যন্ত্রে ট্রায়োড ভ্যাকুয়াম টিউবের সাহায্যে যে ডিটেক্টর সার্কিট নির্ম্মাণ করা হয় তাকেই বলে গ্রিড্-লিক্-ডিটেক্টর। গ্রিড-বায়্যাস ডিটেক্টরের চেয়ে গ্রিড-লিক-ডিটেক্টর খুব সেনসিটিভ

অর্থাৎ মিশ্রিত রেডিও ওয়েভস্ থেকে অত্যন্ত দুর্ব্বল অডিও-ওয়েভস্‌কে নিখুঁত ভাবে পৃথক করতে পারে। পরে আবার ঐ দুর্ব্বল অডিও ওয়েভস্‌কে এ্যাম্‌প্লিফাই করে শ্রবণোপযোগী করে তোলে। তাহলে দেখা যাচ্ছে, গ্রিড্-লিক্-ডিটেক্টর একাধারে ডিটেকশন ও এ্যামপ্লিফিকেশন উভয় কাজই করে। এতো গেল গ্রিড্-লিক্-ডিটেক্টরের সুবিধা প্রভৃতির কথা। অপর পক্ষে ইহার অসুবিধা প্রভৃতিও কিছুটা আছে, যেমন এই সার্কিট খুব বেশী সিগ্‌ন্যাল নিয়ে কাজ করতে পারে না এবং অন্যান্য ডিটেক্টরের চেয়ে এর ডিস্‌টরশন একটু বেশী হয়।

১৫০নং চিত্রে একটি গ্রিড্-লিক-ডিটেক্টর সার্কিটকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। চিত্রে যদিও গ্রিড সিগ্‌ন্যালকে এরিয়াল থেকে নেওয়া হয়েছে, কিন্তু গ্রিডের সিগ্‌ন্যালকে আগের কোনও রেডিও ফ্রিকোয়েন্সি ষ্টেজ্ থেকেও নেওয়া চলে। আর প্লেট্ সার্কিটে অঙ্কিত হেড-ফোনের পরিবর্ত্তে কোনও অডিও এ্যামপ্লিফায়ারে যুক্ত করা চলে, তবে এক্ষেত্রে কেবল ডিটেক্‌শনই আমাদের আলোচ্য বিষয় বলেই এই সহজ সার্কিটকে অঙ্কন করা হয়েছে।

গ্রিড্-লিক্-ডিটেকটরকে একেবারে ডায়োড ডিটেক্টর ও অডিও এ্যাম্‌প্লিফায়ার হিসাবে ধরা যেতে পারে। কারণ, ইহা প্রথমেই মিশ্রিত রেডিও ফ্রিকোয়েন্সিকে রেকটিফাই করে ও পরে ডিটেকশনের ফলে যে পালস্ ভোল্টেজ হয় তাকে এ্যাম্-প্লিফাই করে। যখন ১৪৯নং চিত্রের অডিও মিশ্রিত রেডিও ওয়েভস্ ১৫০নং চিত্রের এরিয়ালে এসে উপস্থিত হয় তখন প্রথমেই সার্কিটের "ক" ও "খ" চিহ্নিত স্থানে অর্থাৎ রেডিও ফ্রিকোয়েন্সি ট্রান্সফরমারের সেকেণ্ডারী কয়েল এবং টিউনিং কনডেন্সারের দুইপ্রান্তে এসে উপস্থিত হয়, ফলে সিগন্যালের

প্রতিটি পজিটিভ অল্টারনেশনে গ্রিড, ক্যাথোডের তুলনায় পজিটিভ চার্জ যুক্ত হয় ও এক্ষণে ডায়োড ডিটেক্টরের প্লেটের ন্যায় কাজ করে। কারণ, এই ট্রায়োড টিউবের গ্রিড্ পজিটিভ চার্জ যুক্ত হওয়ায় ক্যাথোড থেকে ইলেক্‌ট্রনগুলিকে আকর্ষণ করে গ্রিড-ক্যাথোড সার্কিটে কারেন্টের সৃষ্টি করে। ফলে কনডেন্সারটি চার্জ্‌ড হয়ে উঠে এবং কনডেন্সারের ডান পার্শ্বস্থ প্লেট হয় নেগেটিভ ও বাম পার্শ্বস্থ প্লেট হয় পজিটিভ চার্জ যুক্ত, কারণ ইলেক্‌ট্রন প্রথমেই

১৫০নং চিত্র—গ্রিড-লিক ডিটেক্টর সার্কিট।

গ্রিড থেকে কনডেন্সারের ডান পার্শ্বস্থ প্লেটের দিকে প্রবাহিত এবং বাম পার্শ্বস্থ প্লেট দিয়ে দূরে চলে যায়। এইরূপ কনডেন্সারের ডিস্‌চার্জকালীন সময় (* রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে) একটু বেশী; কারণ, রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ অত্যন্ত বেশী হয়ে থাকে। সাধারণতঃ (প্র্যাকটিক্যাল সার্কিটে) ২৫০,০০০ ওমস্ থেকে ৫ মেগ্ ওমস্ (৫০০০,০০০ ওমস্)।

আবার রেডিও ওয়েভসের প্রতিটি নেগেটিভ অল্টারনেশনে ১৫০নং চিত্রের "ক" বিন্দু, "খ" বিন্দুর তুলনায়

* সার্কিটের এই রেজিষ্ট্যান্সকে বলা হয় গ্রিড লিক রেজিষ্ট্যান্স।

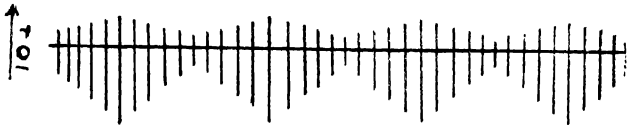
নেগেটিভ ধৰ্ম্মী হয়। আগের পজিটিভ অল্টারনেশনে কন্‌ডেন্সার সম্পূর্ণ ডিসচার্জের সময় না পাওয়ায়, নেগেটিভ অল্টারনেশনের ভোল্টেজ্ সিগ্‌ন্যাল ভোল্টেজের সাথে যুক্ত হয়, ফলে গ্রিডের নেগেটিভ ভোল্টেজ বৃদ্ধি পায়। তবে বৃদ্ধির মাত্রা এমন কোন পর্য্যায়ে এসে পৌঁছায় না যার ফলে প্লেট কারেণ্ট সম্পূর্ণ বন্ধ হয়ে যায়। তাহলে দেখা যাচ্ছে যে, যখনই দুইটি একধৰ্ম্মী ভোল্টেজ সিরিজে থেকে পরস্পরে যুক্ত হয়, তখনই গ্রিডের ভোল্টেজ উচ্চ নেগেটিভ ধৰ্ম্মী হয়।

১৫১নং চিত্র লক্ষ্য করলে বিষয়টি আরও পরিষ্কার হবে। চিত্রে গ্রিড কারেণ্টকে পাল্‌সের ন্যায় দেখান হয়েছে কারণ, রেডিও সিগন্যালের প্রতিটি পজিটিভ অল্টারনেশনেই গ্রিড্-

১৫১নং চিত্র—গ্রিড-লিক ডিটেকশনে গ্রিডের পজিটিভ অল্টারনেশনে গ্রিড কারেণ্টের আকৃতি।

ক্যাথোড সার্কিটে কারেণ্ট প্রবাহিত হয় ও কনডেন্সারটি চার্জ হয়ে উঠে। কিন্তু প্রতিটি নেগেটিভ অল্টারনেশনে কনডেন্সারটি সম্পূর্ণ ডিসচার্জ হয় না। সুতরাং রেডিও সিগ্‌ন্যালের প্রতিটি পজিটিভ অল্টারনেশনে ১৫০নং চিত্রের 'ক" বিন্দু "খ" বিন্দুর তুলনায় পজিটিভ হয় এবং গ্রিড্ ভোল্টেজের পরিমাণ হয়—কনডেন্সারের অবশিষ্ট চার্জ-ভোল্টেজ ও সিগন্যাল-ভোল্টেজের বিয়োগ ফলের সমান; কারণ, এক্ষেত্রে কন্‌ডেন্সারের ডান পার্শ্বস্থ প্লেট হয় নেগেটিভ। আমরা জানি যে, যখনই দুইটি বিপরীত ধৰ্ম্মী (opposite polarity) ভোল্টেজ সিরিজে সংযুক্ত হয় তখন তাদের মোট ভোল্টেজ হয়, ঐ দুই

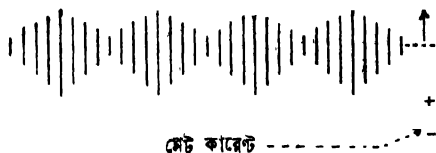
ভোল্টেজের বিয়োগ ফলের সমান এবং এক ধর্ম্মী (Same Polarity) ভোল্টেজ সিরিজে থাকলে তাদের মোট ভোল্টেজ হয় উভয়ের যোগফলের সমান।

তাই ঐ ১৫০নং চিত্রে অঙ্কিত ডিটেক্টর টিউবের ক্যাথোডও গ্রিডের সাথে আর-এফ ট্রান্সফরমারের সেকেণ্ডারী কয়েল ও কনডেন্সারটি সিরিজ ভাবে যুক্ত থাকার ফলে, গ্রিড-ক্যাথোড সার্কিটের ভোল্টেজ হচ্ছে—প্রতিটি পজিটিভ অল্টারনেশনে আর. এফ, ট্রান্সফরমারের সেকেণ্ডারীতে প্রেরিত রেডিও সিগন্যাল ভোল্টেজ ও কনডেন্সারের চার্জ ভোল্টেজের বিয়োগ ফলের সমান এবং প্রতিটি নেগেটিভ অল্টারনেশনে গ্রিড ভোল্টেজ হচ্ছে উভয় ভোল্টেজের যোগফলের সমান।

১৫২নং চিত্র—গ্রিড লিক ডিটেকশনে গ্রিডের পজিটিভ অল্টারনেশনে গ্রিড-ভোল্টেজের আকৃতি।

এইবার ১৫২নং চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব যে, কনডেন্সারের এইরূপ কার্য্যকারিতা সত্ত্বেও গ্রিড ভোল্টেজ এখনও অল্টারনেটিং কারেন্টের ন্যায় আছে। তবে পজিটিভ অল্টারনেশন নেগেটিভ অল্টারনেশনের চেয়ে এ্যামপ্লিটিউডে ছোট।

এখানে একটি কথা বিশেষ ভাবে মনে রাখতে হবে যে, যদিও কনডেন্সারটি রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে রেডিও ফ্রিকোয়েন্সি অনুযায়ী সম্পূর্ণ ভাবে ডিসচার্জ হতে পায়না, তাহলেও রেডিও ফ্রিকোয়েন্সির এ্যামপ্লিটিউডের

অডিও-ফ্রিকোয়েন্সি ভেরিয়েশনকে (Audio Frequency Variation in Amplitude of the R. F. Signal) প্রবাহের জন্য সম্পূর্ণ পথ দেয়। তাই গ্রিড-ভোল্টেজ তখনও পর্য্যন্ত রেডিও ফ্রিকোয়েন্সি সিগ্ন্যালের মডিউলেশন ফ্রিকোয়েন্সির এ্যামপ্লিটিউডে ওঠা নামা করে।

ট্রায়োড টিউবের গ্রিড্-ভোল্টেজ যখন প্লেট কারেন্টকে নিয়ন্ত্রণের কাজ করে তখন একথা বলা চলে যে, এইরূপ গ্রিড-ভোল্টেজের (চিত্রের ন্যায়) নেগেটিভ অল্টারনেশনে প্লেট-কারেন্ট কমে যায় এবং পজিটিভ অল্টারনেশনে প্লেট-কারেন্ট বৃদ্ধি পায়। এক কথায় এইরূপ গ্রিড-ভোল্টেজের দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়ে প্লেট কারেন্টের আকৃতি হয় ১৫৩নং চিত্রে অঙ্কিত চিত্রের ন্যায়। লক্ষ্য করলে দেখতে পাব যে,

১৫৩নং চিত্র—গ্রিড-লিক ডিটেকশনে প্লেট-কারেন্টের আকৃতি।

প্লেট-কারেন্টের ভেরিয়েশন এরিয়াল থেকে পাওয়া রেডিও ফ্রিকোয়েন্সির অনুরূপ এবং তখন পর্য্যন্তও এ্যামপ্লিটিউড মডিউলেশন ভেরিয়েশন ঠিক ভাবেই আছে।

প্লেট-ক্যাথোড সার্কিটে কারেন্ট প্রবাহের ফলে কারেন্ট প্রথমেই প্লেট ব্যাটারীর (১৫০নং চিত্র) পজিটিভ দিক থেকে আরম্ভ করে হেডফোনের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়ে টিউব মারফৎ ব্যাটারীর নেগেটিভে ফিরে আসে। কিন্তু এক্ষেত্রে হেডফোনের রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ অত্যন্ত উচ্চ হওয়ায়, কারেন্ট প্রবাহের সময়ে তার অ্যাক্রশে (দু প্রান্তে)

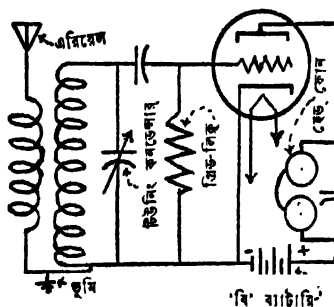
একটি কন্‌ডেন্সার থাকায়, কন্‌ডেন্সারটি চার্জ যুক্ত হয়ে ওঠে। প্লেট-সার্কিটের কারেন্ট যখন বৃদ্ধি পায় তখন কন্‌ডেন্সারটি চার্জ হয় আবার কারেন্ট যখন হ্রাস পায় তখন হেডফোনের মধ্য দিয়ে ডিস্‌চার্জ হওয়ার ফলে হেডফোনের অ্যাক্রশের ভোল্টেজ ১৫৪নং চিত্রের আকৃতি ধারণ করে। হেডফোনের রেজিষ্ট্যান্স বেশী হওয়ায় এই কন্‌ডেন্সারটি রেডিও-ফ্রিকোয়েন্সি ভেরিয়েশনকে (রেডিও ওয়েভসকে) পথ দেয় না। কিন্তু ঐ রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ এত বেশী রাখা হয় না যার ফলে অডিও ফ্রিকোয়েন্সি এ্যামপ্লিটিউড ভেরিয়েশন, (অডিও ওয়েভ) কন্‌ডেন্সারের মধ্য দিয়ে প্রবাহের পথে বাধা পায়। সুতরাং এই কন্‌ডেন্সারটি রেডিও ওয়েভস্‌কে (বা ক্যারিয়ার ওয়েভসকে) বাধা দিয়ে অডিও-ওয়েভসকে (সাউণ্ড ওয়েভসকে)

১৫৪নং চিত্র – গ্রিড-লিক ডিটেকশনে প্লেট-ক্যাথোড সার্কিটে সংযুক্ত হেডফোনের দুই প্রান্তের ভোল্টেজ।

ফিল্টার করে দেয়। যে সকল গ্রাহক যন্ত্রে (রিসিভারে) অডিও ফ্রিকোয়েন্সি এ্যামপ্লিফায়ারের ব্যবস্থা থাকে, তার আগে এইরূপ ডিটেক্‌শন সার্কিট ব্যবহার করা হয়। তবে সেক্ষেত্রে রেডিও ফ্রিকোয়েন্সি ফ্লাকচুয়েশনকে সম্পূর্ণ ভাবে নষ্ট করবার জন্য আলাদা ফিল্টারের ব্যবস্থা থাকে।

আর একপ্রকার গ্রিড্‌-লিক ডিটেক্টর আছে, তাকে বলা হয় **শাণ্ট-গ্রিড্‌-লিক্‌**। এইরূপ ডিটেকশন সার্কিটের গ্রিড্‌-লিক রেজিষ্ট্যান্সকে ডিটেক্টর টিউবের গ্রিড ও ক্যাথোড

প্রান্তে যুক্ত করা হয়। তবে এইরূপ ডিটেক্টরের কার্য্যকারিতা পূর্ব্বে বর্ণিত ডিটেক্টরের অনুরূপ।

১৫৫নং চিত্রে শাণ্ট-গ্রিড্-লিককে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব যে, পূর্ব্বের ন্যায় রেডিও সিগ্ন্যালের প্রতিটি পজিটিভ অল্টারনেশনে চিত্রে অঙ্কিত সেকেণ্ডারী কয়েলের উপরদিক ভূমির তুলনায় হয় পজিটিভ; ফলে গ্রিড ক্যাথোডের তুলনায় পজিটিভ চার্জযুক্ত হওয়ায় বিদোহী ইলেকট্রনগুলিকে আকর্ষণ করে ও গ্রিড সার্কিটে কারেণ্টের সৃষ্টি করে। এইভাবে কারেণ্ট সৃষ্টির

১৫৫নং চিত্র – শাণ্ট-গ্রিড-লিক ডিটেক্টর সার্কিট।

ফলে গ্রিড সার্কিটে ব্যবহৃত কনডেন্সারটি চার্জ হয়ে ওঠে, ফলে কনডেন্সারের ডানপার্শ্বস্থ প্লেট হয় নেগেটিভ ও বাম পার্শ্বস্থ প্লেট হয় পজিটিভ চার্জযুক্ত। আবার কিছু পরিমাণ ইলেকট্রন চিত্রের ভূমির দিক থেকে গ্রিড-লিকের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়ে কনডেন্সারটি চার্জ করার কাজে সাহায্য করে। তবে এক্ষেত্রে গ্রিড-লিক-রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ, টিউবের মধ্যস্থিত গ্রিড-ক্যাথোড রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ অপেক্ষা অত্যন্ত বেশী হওয়ায় পজিটিভ আল্টরনেশনে

হাই-রেজিষ্ট্যান্সের (গ্রিড-লিকের) মধ্য দিয়ে প্রবাহিত ঐ অতি অল্প পরিমাণ ইলেকট্রন বিশেষ কোন কাজে আসে না।

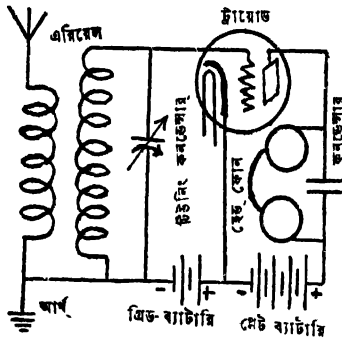
প্রতিটি নেগেটিভ অল্টারনেশনে সেকেণ্ডারী কয়েলের উপরদিক ভূমির দিকের তুলনায় নেগেটিভ হওয়ায় কনডেন্সারের চার্জ ভোল্টেজের সাথে একধর্ম্মী হয়। ফলে, সেকেণ্ডারীর অ্যাক্রশের সিগন্যাল ভোল্টেজ, কনডেন্সার ও গ্রিড-লিক রেজিষ্ট্যান্সের সাথে সিরিজ হওয়ায় কনডেন্সারটি গ্রিড-লিক রেজিষ্ট্যান্স ও আর, এফ, ট্রান্সফরমারের সেকেণ্ডারীর মধ্য দিয়ে ডিস্‌চার্জ হতে আরম্ভ করে, তাই সেকেণ্ডারীর অ্যাক্রশের ভোল্টেজ, ইলেকট্রন প্রবাহের সাথে যুক্ত হয়। কনডেন্সারের এই ডিস্‌চার্জ কালে গ্রিড-লিক রেজিষ্ট্যান্সের অ্যাক্রশে এক প্রকার ভোল্টেজ সৃষ্টি হয় যা সিগন্যাল ভোল্টেজ (সেকেণ্ডারীর অ্যাক্রশের ভোল্টেজ) ও কনডেন্সারের চার্জ ভোল্টেজের যোগ ফলের সমান। আর যেহেতু রেজিষ্ট্যান্সটি টিউবের গ্রিড ও ক্যাথোডের সাথে আড়া আড়ি ভারে যুক্ত, সেই হেতু রেজিষ্ট্যান্সের অ্যাক্রশের ভোল্টেজই হবে টিউবের গ্রিডে প্রেরিত গ্রিড-ভোল্টেজ।

তাহলে এখানে শাণ্ট-গ্রিড-লিক ডিটেক্টরকে, পূর্ব্বে বর্ণিত গ্রিড-লিক ডিটেক্টরের সাথে ভাল ভাবে তুলনা করলে দেখতে পাব, উভয়ের কার্য্যকারিতায় সম্পূর্ণ মিল আছে, প্রতিটি পজিটিভ অল্টারনেশনে গ্রিড ভোল্টেজের পরিমাণ হয়, আগের পজিটিভ অল্টারনেশন দ্বারা চার্জযুক্ত কনডেন্সারের চার্জ-ভোল্টেজ ও আর, এফ, ট্রান্সফরমারের সেকেণ্ডারীর অ্যাক্রশের সিগন্যাল ভোল্টেজের বিয়োগ ফলের সমান। প্রতিটি নেগেটিভ অল্টারনেশনে গ্রিড ভোল্টেজের পরিমাণ

হয়, কনডেন্সারের চার্জ ভোল্টেজ ও ট্রান্সফরমারের সেকেণ্ডারীর আক্রেশের সিগন্যাল ভোল্টেজের যোগফলের সমান। আর পূর্ব্বের ন্যায় এখানেও প্লেট কারেন্টের অবস্থা ১৫৩নং চিত্রের ন্যায় হয়। ফলে হেডফোন সার্কিটের কার্য্যকারিতা পূর্ব্বের বর্ণনা অনুযায়ী হয় অর্থাৎ শাণ্ট গ্রিড লিক ডিটেক্টর ও গ্রিড-লিক ডিটেক্টরের সার্কিট ব্যবস্থায় পার্থক্য সত্ত্বেও উভয়ের কার্য্যকারিতা সমান।

গ্রিড-বায়্যাস্-ডিটেক্টর—আধুনিক গ্রাহক যন্ত্রে ডায়োডের ব্যবহার গভীর ভাবে প্রভাব বিস্তার করার পূর্ব্বেই অধিকাংশ ব্রডকাসটিং রিসিভারে প্লেট ডিটেকশন বা গ্রিড-বায়্যাস ডিটেকশনকে প্রয়োগ করা হয়েছিল। এইরূপ ডিটেকশনে সুবিধা হচ্ছে এই যে, এর দ্বারা এক দিকে যেমন খুব বেশী সিগন্যাল নিয়ে কাজ করা যায়, অপরদিকে তেমনি ডিটেকশন ছাড়াও সিগন্যালকে এ্যামপ্লিফাই করে। এইরূপ ডিটেক্টরের গ্রিড সার্কিটে ডি-মডিউলেশন প্রণালী গ্রহণ করা হয় না। কেবল প্লেট সার্কিটের প্লেট-কারেন্টের বিশেষ গুণের ফলেই সিগন্যাল ডি-মডিউলেট হয়ে হাফ-সাইক্ল নষ্ট হয়ে যায়; তাই এইরূপ ডিটেকশনকে বলা হয় "**প্লেট ডিকেটশন**"। আবার প্লেট ডিটেকশনের আর একটি নাম "**গ্রিড-বায়্যাস্-ডিটেকশন**"। কারণ, এইরূপ ডিটেকশনের গ্রিডে খুব উচ্চ নেগেটিভ বায়্যাস ভোল্টেজ প্রয়োগ করা হয় এবং এই বায়্যাস ভেল্টেজকে গ্রহণ করা হয় যথাক্রমে "ক্যাথোড-বায়্যাস-রেজিষ্টর", "সি ব্যাটারী" অথবা "ব্লিডার-ট্যাপ" থেকে।

১৫৬নং চিত্রে গ্রিড-বায়্যাস ডিটেক্টর সার্কিটকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব একটি সি ব্যাটারী

বা গ্রিড-ব্যাটারীকে গ্রিড সার্কিটে ব্যবহার করা হয়েছে এবং এই ব্যাটারীর পজিটিভ প্রান্তকে টিউবের ক্যাথোডের সাথে ও ব্যাটারীর নেগেটিভ প্রান্তকে আর এফ, ট্রান্সফরমারের সেকেণ্ডারী মারফত টিউবের গ্রিডে যুক্ত করা হয়েছে। ফলে, গ্রিড সকল সময়ই ক্যাথোডের তুলনায় নেগেটিভ পোটেনশিয়ালে থাকে। তবে এক্ষেত্রে ব্যাটারীর ভোল্টেজকে এমন ভাবে নির্দ্দিষ্ট করা হয় যাতে গ্রিড উচ্চ নেগেটিভ ভোল্টেজে থাকা সত্ত্বেও প্লেট সার্কিটে খুব অল্প পরিমাণ কারেণ্ট প্রবাহিত

১৫৬নং চিত্র—গ্রিড-বায়্যাস সার্কিট। সি-ব্যাটারী বা গ্রিড ব্যাটারী থেকে বায়্যাসের ব্যবস্থা করা হয়েছে।

হয়—সাধারণতঃ আর, এফ, ট্রান্সফরমারের সেকেণ্ডারীর অ্যাক্রশে সিগন্যাল না থাকা অবস্থায় প্লেট সার্কিটে প্রবাহিত দুই মিলি-এ্যাম্পিয়ার কারেণ্টই নির্দ্দিষ্ট (কমন ভ্যালু) বলে গণ্য করা হয়।

এরিয়ালের সাহায্যে রেডিও সিগন্যালকে গ্রহণ করার পরই আর, এফ, ট্রান্সফরমারের প্রাইমারী কয়েলের মধ্য দিয়ে কারেণ্ট প্রবাহিত হওয়ার ফলে ট্রান্সফরমারের সেকে-

ণ্ডারীতে ভোল্টেজ ইনডিউস (induce) করে। সেকেণ্ডারীর এই ইনডিউস্‌ড ভোল্টেজ, সার্কিটে ব্যবহৃত গ্রিড ব্যাটারীর ভোল্টেজের সাথে সিরিজে যুক্ত হয়। রেডিও সিগন্যালের প্রতিটি পজিটিভ অল্টারনেশনে ব্যাটারীর পোলারিটি, সিগন্যাল ভোল্টেজের বিপরীত-ধর্ম্মী হয়, ফলে নেগেটিভ ভোল্টেজ হ্রাস পেয়ে গ্রিড হয় কম নেগেটিভ চার্জযুক্ত এবং রেডিও সিগন্যালের প্রতিটি নেগেটিভ অল্টাবনেশনে ব্যাটারীর পোলারিটি হয় একধর্ম্মী, ফলে উভয়ে যুক্ত হয়ে গিয়ে গ্রিডকে কোরে তোলে উচ্চ নেগেটিভ চার্জযুক্ত।

১৫৭নং চিত্র—গ্রিড-বায়্যাস ডিটেকশনে গ্রিডে মডিউলেটেড রেডিও সিগন্যালেব ফলে গ্রিড ভোল্টেজের আকৃতি।

১৫৭নং চিত্রে অঙ্কিত এই গ্রিড ভোল্টেজকে লক্ষ্য করলে দেখতে পাব—গ্রিড ভোল্টেজের ভেরিয়েশন মডিউলেটেড রেডিও ওয়েভসের অনুরূপই আছে, কোন পরিবর্ত্তন হয় নাই। তাহলে দেখা যাচ্ছে, গ্রিড সার্কিটে রেডিও সিগ্‌-ন্যালকে ডিটেক্‌শন করা হয় নাই অর্থাৎ ডি-মডিউলেশন প্রণালীকে গ্রিড সার্কিটে গ্রহণ করা হয় নাই। এখন দেখা যাক্‌ এই গ্রিড ভেরিয়েশন, টিউবের প্লেট সার্কিটে কি কাজ করে।

রেডিও ওয়েভসের প্রতিটি পজিটিভ অল্টারনেশনে গ্রিড কম নেগেটিভ চার্জযুক্ত হওয়ায় বেশী সংখ্যক ইলেকট্রনকে

প্লেটের দিকে প্রবাহের জন্য পথ করে দেয় ফলে প্লেট কারেণ্ট বৃদ্ধি পায়। প্রতিটি নেগেটিভ অল্টারনেশনে গ্রিড বেশী নেগেটিভ চার্জযুক্ত হয়ে প্লেট কারেণ্টকে কমিয়ে আনে এবং পরে ক্যাথোড থেকে নির্গত ও প্লেটের দিকে প্রবাহিত সমস্ত ইলেকট্রনকে বাধা দিয়ে প্লেট কারেণ্টকে সম্পূর্ণ বন্ধ করে দেয়।

সম্পূর্ণ ভাবে বন্ধ হওয়ার পূর্বে যখন প্লেট কারেণ্ট খুব অল্প ভাবে প্রবাহিত হয়, সেই অবস্থাকে বলা হয় **"কাট-অফ-পয়েণ্ট"**। এই কাট্-অফ্-পয়েণ্টের পর ভোল্টেজকে যতই বৃদ্ধি করা যাক্ না কেন, প্লেট কারেণ্টের কোন পরিবর্ত্তন হয় না। কারণ, কাট্-অফ পয়েণ্টের পরে গ্রিডকে আরও নেগেটিভ চার্জযুক্ত করলেও প্লেট কারেণ্ট প্রবাহহীন (Non-flow) অবস্থায় থাকবে। মনে রাখতে হবে, প্লেট কারেণ্টের এইরূপ অবস্থার সৃষ্টি হয় কেবল মাত্র রেডিও ওয়েভসের প্রতিটি নেগেটিভ অল্টারনেশনের কিছুটা অংশের ফলে (During a small part of each negative alternation)।

১৫৮নং চিত্র—রেডিও ওয়েভসের পজিটিভ অল্টারনেশনে প্লেট কারেণ্টের আকৃতি।

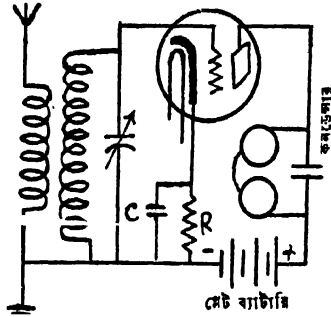
প্লেট কারেণ্টের এইরূপ অবস্থাকে ১৫৮নং চিত্রে দেখান হয়েছে। চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব যে, রেডিও ওয়েভসের কেবল পজিটিভ অল্টারনেশনের ফলে প্লেট কারেণ্ট পাল্‌স আকৃতি ধারণ করে। এক কথায় সিগন্যালের ডিটেকশনকে প্লেট সার্কিটেই গ্রহণ করা হয়। যদিও নেগেটিভ অল্টারনেশন সম্পূর্ণ নষ্ট হয়ে যায়, কিন্তু পজিটিভ অল্টারনেশনের এ্যাম্প্লিটিউড, ডিটেক্টর টিউবের গ্রিডে ব্যবহৃত রেডিও সিগন্যালের ক্যারিয়ার বা মডিউলেশনের এ্যাম্প্লিটিউড

অনুযায়ী উঠা নামা করে, অর্থাৎ পালসেটিং প্লেট কারেন্ট রেডিও ফ্রিকোয়েন্সির এ্যামপ্লিটিউডের অডিও ফ্রিকোয়েন্সি অনুযায়ী উঠা নামা করে। প্লেট কারেন্টের এইরূপ অবস্থার ফলে হেডফোনের অ্যাক্রশে সংযুক্ত কনডেন্সারটি প্লেট কারেন্টের প্রতিটি পজিটিভ পালসে চার্জযুক্ত হয়ে উঠে। কিন্তু হেডফোনের আভ্যন্তরীন রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ খুব বেশী হওয়ায় প্রতিটি পালসে কনডেন্সারটি সম্পূর্ণ ডিসচার্জ হতে পারে না। তবে এই রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ এমন ভাবে ঠিক করা হয় যাতে কনডেন্সারটি মডিউলেশন ফ্রিকোয়েন্সি অনুযায়ী (Modulation Frequency Rate) ডিসচার্জ হতে পারে। ফলে কনডেন্সারের অ্যাক্রশের ভোল্টেজের

১৫৯নং চিত্র –গ্রিড-বায়্যাস ডিটেক্টরের আউট-পুটে অডিও ওয়েভসের আকৃতি।

আকৃতি ১৫৯নং চিত্রের ন্যায় রূপ ধারণ করে। চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব যে, এক্ষণে রেডিও ফ্রিকোয়েন্সির সমস্ত পালস নষ্ট হয়ে গিয়ে মডিউলেশন ফ্রিকোয়েন্সির এ্যামপ্লি-টিউডের অডিও ফ্রিকোয়েন্সিই কেবল বর্ত্তমান। তবে প্রাক্টিক্যাল সার্কিটের যেখানে ডিটেক্শনের পর অডিও ফ্রিকোয়েন্সিকে এ্যামপ্লিফাই করার জন্য অডিও এ্যামপ্লিফায়ার ব্যবহার করা হয়, সেখানে রেডিও ফ্রিকোয়েন্সি কম্পোনেণ্টকে সম্পূর্ণ ভাবে নষ্ট করার জন্য আলাদা ফিল্টারের ব্যবস্থা করা হয়।

প্লেট ডিটেক্টর বা গ্রিড বায়্যাস ডিটেক্টরের গ্রিড সার্কিটে

সব সময় "সি" ব্যাটারীকে ব্যবহার করা সম্ভব নয়, কারণ মাঝে মাঝে একে পরিবর্ত্তনের প্রয়োজন হয়ে পড়ে। তাই গ্রিড বায়্যাস ভোল্টেজ সরবরাহের জন্য ১৬০নং চিত্রের ন্যায় একটি রেজিষ্ট্যান্স R ও একটি কনডেন্সার Cকে ক্যাথোড সার্কিটে সংযুক্ত করা হয়। চিত্রের প্লেট কারেণ্টকে লক্ষ্য করলে দেখতে পাব যে, ইলেকট্রন প্রথমে প্লেট ব্যাটারীর নেগেটিভ প্রান্ত থেকে আরম্ভ করে রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে ক্যাথোডের দিকে প্রবাহিত হয় ও

১৬০নং চিত্র—গ্রিড-বায়্যাস সার্কিট। এখানে ক্যাথোড রেজিষ্ট্যান্সকে (R) বায়্যাস হিসাবে ব্যবহার করা হয়েছে।

পরে প্লেটের দিকে প্রবাহিত হয়ে হেডফোন মারফত ব্যাটারীর পজিটিভ প্রান্তে এসে উপস্থিত হয়। এই প্লেট কারেণ্ট যখন R এর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয় তখন R এর অ্যাক্রশে ভোল্টেজ সৃষ্টি করে। এই ভোল্টেজের ফলে R এর ক্যাথোড প্রান্তের বিন্দু ব্যাটারী প্রান্তের বিন্দুর তুলনায় হয় পজিটিভ। তাহলে এই Rকে আমরা ১৫৬নং চিত্রে ব্যবহৃত গ্রিড ব্যাটারীর ন্যায় গ্রিড বায়্যাস সোর্স হিসাবে ধরে নিতে পারি, কারণ, দুইটি চিত্রকে

(১৫৬ ও ১৬০নং) তুলনা করলে দেখতে পাব, উভয় ক্ষেত্রেই টিউবের ক্যাথোড ও গ্রিডের মধ্যে ব্যাটারী বা রেজিষ্ট্যান্স R, আর-এফ ট্রান্সফরমারের সেকেণ্ডারীর সাথে সিরিজ ভাবে যুক্ত আছে।

প্লেট ডিটেক্টরকে ভালভাবে কাজ করাতে হলে টিউবের গ্রিড বায়্যাস্ ভোল্টেজের পরিমাণ এমন হওয়া দরকার যে, সার্কিটে কোনরূপ সিগন্যাল না থাকা অবস্থায় প্লেট কারেন্টর পরিমাণ হবে অল্প। আবার প্লেট কারেন্টকে যেমন অল্প পরিমাণে রাখা হয় সেইরূপ গ্রিডের প্রয়োজনীয় বায়্যাস্ ভোল্টেজকে ঠিক রাখবার জন্য ক্যাথোডের রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ হয় অত্যন্ত বেশী—সাধারণতঃ ১০,০০০ থেকে ২০,০০০ ওম্‌স্।

সার্কিটে সিগন্যাল বর্ত্তমান থাকা অবস্থায় ডিটেক্‌শনের কার্য্যকারিতাকে উন্নত ধরণের করতে হলে টিউবেব গ্রিড ভোল্টেজকে নির্দ্দিষ্ট রাখতে হয়। তবে গ্রিড সার্কিটে ব্যাটারী ব্যবহৃত হলে সার্কিটে সিগন্যাল থাক্ বা না থাক্, গ্রিড ভোল্টেজ সব সময় নির্দ্দিষ্ট থাকে ; কারণ ব্যাটারীর আউট-পুট ভোল্টেজ সব সময়েই একই ভাবে থাকে। কিন্তু গ্রিড বায়্যাস্ ভোল্টেজের জন্য যখন কেবল রেজিষ্ট্যান্সের অ্যাক্রশের ভোল্টেজকে ব্যবহার করা হবে, তখন প্লেট কারেন্টের ভেরিয়েশন অনুযায়ী এই ভোল্টেজ উঠা-নামা (Change) করবে। কারণ আমরা জানি যে, রেডিও সিগন্যালের প্রতিটি পজিটিভ অল্টারনেশনে সার্কিটের প্লেট-কারেন্ট বৃদ্ধি পায়। ফলে প্রতিটি পজিটিভ অল্টার-নেশনে গ্রিড-বায়্যাস্-ভোল্টেজও বৃদ্ধি পাবে এবং রেডিও সিগন্যালের শক্তিকে কমিয়ে দেবে। ডিটেক্টর টিউবের ক্যাথোড সার্কিটের এইরূপ উত্থান পতনকে (Fluctuation) সম্পূর্ণ

নষ্ট করার জন্য কনডেন্সার C কে ব্যবহার করা হয়। এই কনডেন্সারের পরিমাণ সাধারণতঃ ·০৫ মাইক্রোফ্যারাড হয়ে থাকে। তবে কখনও কখনও প্রাকটিক্যাল সার্কিটে এর পরিমাণ আরও বেশী হয়ে থাকে।

এখানে কনডেন্সারের পরিমাণ খুব উচ্চ পরিমাপের হওয়ায় প্লেটের ঐ পালসেটিং কারেন্টের ফলে কনডেন্সারটি খুব বেশী চার্জ হতে পারে না। একটি উদাহরণ দিয়ে বুঝালে বিষয়টি আরও পরিষ্কার হবে। যেমন ধরা যাক একটি পুষ্করিণীর কথা। একটি বৃহদাকার পুষ্করিণীতে যদি দু'চার বালতী জল ঢালা হয় তাহলে কি পুষ্করিণীর জল বেড়ে গিয়ে কানায় কানায় পূর্ণ হয়ে উঠে? এক্ষেত্রে কনডেন্সারের বেলাও ঠিক তাই। কনডেন্সারের পরিমাণ বেশী হওয়ায় ঐ সামান্য পরিমাণ ইলেকট্রন কনডেন্সারের চার্জ ভোল্টেজকে খুব বেশী রকম বৃদ্ধি করতে পারে না। ফলে কার্য্যতঃ দেখা গেছে যে, সার্কিটের ভোল্টেজের পরিমাণ সব সময়েই নির্দ্দিষ্ট পরিমাপের থাকে। প্রতিটি নেগেটিভ অল্টারনেশনে কনডেন্সারটি রেজিষ্ট্যান্সের (R) মধ্য দিয়ে খুব অল্প পরিমাণে ডিসচার্জ হয়; সম্পূর্ণ ডিসচার্জ হওয়ার সময় পায় না। ফলে, পরবর্ত্তী পজিটিভ অল্টারনেশনের পূর্ব্ব মুহূর্ত্তেও সার্কিটে অরিজিন্যাল ভোল্টেজ নির্দ্দিষ্ট ভাবেই থাকে।

তাহলে দেখা গেল, প্লেট-ডিটেক্টর বা গ্রিড বায়্যাস্ ডিটেক্টর সার্কিটের ক্যাথোডে ব্যবহৃত রেজিষ্ট্যান্স ও কনডেন্সারকে পূর্ব্বে বর্ণিত গ্রিড ব্যাটারীর ন্যায় টিউবের গ্রিড বায়্যাস্ ভোল্টেজ সৃষ্টির জন্য ব্যবহার করা হয়। তবে উভয়ের মধ্যে পার্থক্য কেবল বায়্যাস্ ভোল্টেজ সৃষ্টির উপায় অবলম্বনের কার্য্যে।

Test Questions

1. *Why is "De-modulation" necessary in a radio receiver ?*
2. *Name any three types of detector.*
3. *Does the diode detector amplify the radio signal ?*
4. *What type of detector between grid leak and grid-bias is more sensitive then the other ? Explain why ?*
5. *What is the name given to the resistor used in grid circuit of the grid-leak detector ?*
6. *Explain why the grid voltage is partially neutralized when the grid of the grid-bias detectcr becomes positive ?*
7. *What is the other name given to the grid-bias detector ? why ?*
8. *What is the common or average value of plate current is applied for the grid-bias detector with no signal ?*
9. *In the grid-bias detector, is the actual detection takes place in the grid circuit or in the plate circuit ?*
10. *What causes a grid-bias to be developed when grid-bias detector is used ?*
11. *What value of condenser would be most desirable for use across the cathode resistor of a grid-bias detector ?*

নবম অধ্যায়

এ্যাম্প্লিফিকেশন

(Amplification)

এ্যাম্প্লিফিকেশন সম্বন্ধে পূর্ব্বে আলোচনা করা হয়েছে। বর্ণনা প্রসঙ্গে বলা হয়েছে যে "ভ্যাকুয়াম টিউব, ফিল্টার, ক্যাপল্ড সার্কিট ও অসিলেটরি সার্কিট যুক্ত কোন ষ্টেজের মধ্য দিয়ে ভোল্টেজ বা কারেন্ট কিম্বা উভয়কেই বৃদ্ধি (Increase) করার নামই "**এ্যাম্প্লিফিকেশন**"। আর সার্কিটের যে অংশে বা ষ্টেজে এগুলি একত্রিত থাকে তাকে বলা হয় **এ্যাম্প্লিফায়ার**।

এ্যাম্প্লিফায়ারের শ্রেণী বিভাগ—এ্যাম্প্লিফায়ার ষ্টেজ বা সার্কিটকে সাধারণতঃ দুই ভাগে ভাগ করা হয়েছে—

১। **যাকে বেতার তরঙ্গ বা রেডিও ফ্রিকোয়েন্সি এ্যাম্প্লিফিকেশনের কাজে ব্যবহার করা হয়, তাকে বলা হয় রেডিও-ফ্রিকোয়েন্সি এ্যাম্প্লিফায়ার।**

২। **যাকে শব্দ-তরঙ্গ বা ভয়েস্-ফ্রিকোয়েন্সি এ্যাম্প্লিফিকেশনের কাজে ব্যবহার করা হয় তাকে বলা হয় অডিও-ফ্রিকোয়েন্সি এ্যাম্প্লিফায়ার।**

এদের বিভিন্ন কার্য্যকারিতাকে পৃথক পৃথক ভাবে পরে আলোচনা করা হবে। * তবে প্রাথমিক পর্য্যায়ে শুধু

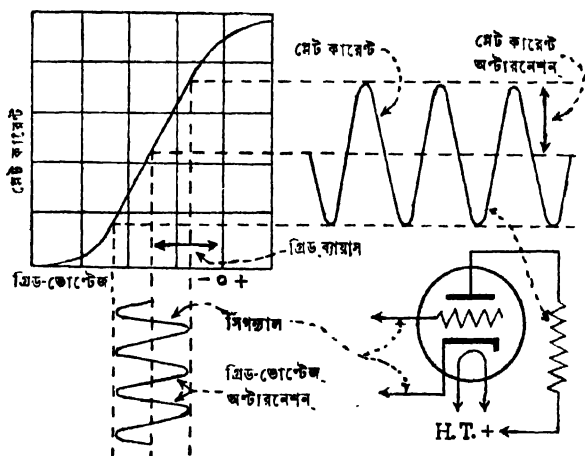
---

* রেডিও ফ্রিকোয়েন্সি এ্যাম্প্লিফিকেশন ও অডিও ফ্রিকোয়েন্সি এ্যাম্প্লিফিকেশন অধ্যায় (দ্বিতীয় খণ্ড)।

এইটুকুই বলা চলে যে "The object of the Radio frequency amplifier is to amplify the voltage of the signal, while that of the Audio frequency amplifier is to furnish the required electiric energy"। তবে অডিও ফ্রিকোয়েন্সি এ্যাম্প্লিফায়ার যে কেবল উপযুক্ত পরিমাণ শক্তি (এনার্জি) সরবরাহ করে এ কথাও বলি না। কারণ, কোন কোন ক্ষেত্রে—যেমন স্বতন্ত্রভাবে প্রস্তুত কোন মাইক্রোফোন এ্যাম্প্লিফায়ার, ফনোগ্রাফ পিক-আপ বা অন্য কিছু থেকে পাওয়া অডিও কারেণ্ট প্রভৃতি সার্কিট ব্যবস্থায়, অডিও ফ্রিকোয়েন্সি এ্যাম্প্লিফায়ার সিগন্যাল ভোল্টেজকেও এ্যাম্প্লিফাই করে। তবে তার পরিমাণ আর এফ, এ্যাম্প্লিফায়ারের তুলনায় অত্যন্ত কম।

বিভিন্ন প্রকার এ্যাম্প্লিফিকেশন—টেক্‌নিকের ভাষায় একটি প্রবাদ আছে যে "Radio Tube is the heart of an Amplifier"; সুতরাং প্রথমেই বিভিন্ন অবস্থায় তার "বিশেষত্ব" এবং "কার্য্যাবলী" সম্বন্ধে বিশেষ ভাবে জেনে রাখা প্রয়োজন। টিউবকে এ্যাম্প্লিফায়ার হিসাবে কাজ করাবার সময় তার কার্য্যকারীতা ভিন্ন ভিন্ন সার্কিট ব্যবস্থা অনুযায়ী বিভিন্ন প্রকার হয়ে থাকে। এখানে এ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের ভিন্ন ভিন্ন সার্কিট ব্যবস্থা বলতে এই বুঝায় যে—টিউবকে, "ক্লাস-এ" এ্যাম্প্লিফায়ার বা "ক্লাস-বি" এ্যাম্প্লিফায়ার অথবা "ক্লাস-সি" এ্যাম্প্লিফায়ার হিসাবে কাজ করান হয়। রেডিও ফ্রিকোয়েন্সি এ্যাম্প্লিফিকেশনের জন্য "ক্লাস-এ" সার্কিট ব্যবস্থার প্রয়োজন হয়। কিন্তু অডিও ফ্রিকোয়েন্সি এ্যাম্প্লিফায়ার "ক্লাস-এ" হতে পারে, "ক্লাস-বি" হতে পারে, আবার "এ-প্রাইম" (যাকে বলা হয় "ক্লাস-এবি") সার্কিট ব্যবস্থাও হতে পারে। আর "ক্লাস-সি" এ্যাম্প্লিফিকেশন

কেবল মাত্র ট্রান্সমিটারের মধ্যেই ব্যবহার করা হয়। এখানে ট্রান্সমিটার আমাদের আলোচনার বিষয়বস্তু নয় তাই "ক্লাস-সি" এ্যামপ্লিফিকেশনের কোন উল্লেখ না করে কেবল "ক্লাস-এ" ও "ক্লাস-বি" এ্যাম্প্লিফিকেশন নিয়েই আলোচনা করব।

এ্যাম্প্লিফায়ারের এইরূপ প্রকারভেদ নির্ভর করে তার প্লেট ও কণ্ট্রোল গ্রিডে প্রেরিত বিভিন্ন প্রকার ভোল্টেজের

১৬১নং চিত্র—ক্লাস-এ এ্যামপ্লিফিকেশন ক্যার‍্যাক্টারিসটিক কার্ভের আকৃতি। চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব এখানে টিউবটি কার্ভের সরলাকৃতির উপর কাজ করছে।

উপর—তবে এই সর্ত্তে যে, টিউবটি কাজ করবার উপযুক্ত কি না অর্থাৎ কোন একটি টিউব যদি ক্লাস-এ এ্যাম্প্লিফায়ার হিসাবে কাজ করবার উপযুক্ত হয়, তাহলে তাকে ক্লাস-বি এ্যাম্প্লিফিকেশনের জন্য অথবা ক্লাস-বি এ্যাম্প্লিফিকেশনের উপযুক্ত

টিউবকে, ক্লাস-এ এ্যাম্প্লিফিকেশনের জন্য নির্দ্দিষ্ট করা ঠিক নয়। প্রথমে আসা যাক্ ক্লাস-এ এ্যাম্প্লিফিকেশনে।

ক্লাস-এ এ্যাম্প্লিফিকেশন—১৬১নং চিত্রে ক্লাস-এ এ্যাম্প্লিফিকেশনের উপযুক্ত একটি টিউবের ক্যারাক্টারিসটিকস্ কার্ভকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। চিত্রটি লক্ষ্য করলে দেখতে পাব যে, টিউবের কণ্ট্রোল-গ্রিড-ভোল্টেজ ও প্লেট ভোল্টেজকে এইরূপ ভাবে নির্দ্দিষ্ট করা হয়েছে যে, টিউবটি তার ক্যারাক্টারিসটিক কার্ভের সমান অংশটুকুর (* Straight Part) উপর কাজ করবে। তাই এইরূপ অবস্থায় প্লেট কারেণ্টের পরিমাপ একটা নির্দ্দিষ্ট মাত্রায় থাকে।

এখন দেখা যাক্, চিত্রে অঙ্কিত কার্ভের নিম্নভাগে চিহ্নিত এ·সি সিগন্যালকে যদি কণ্ট্রোল গ্রিডে সরবরাহ করা যায় তাহলে তার ফলাফল কি হয়। কণ্ট্রোল গ্রিড সার্কিটে সিগ্ন্যালের অবর্ত্তমানে গ্রিডে নেগেটিভ ভোল্টেজের পরিমাণ যেরূপ থাকে তার তুলনায় সিগ্ন্যালের প্রতিটি পজিটিভ অল্টারনেশনে নেগেটিভ ভোল্টেজ আরও কম হয়, ফলে প্লেট কারেণ্ট বৃদ্ধি পায়। আবার সিগ্ন্যালের প্রতিটি নেগেটিভ অল্টারনেশনে গ্রিডের নেগেটিভ ভোল্টেজ বৃদ্ধি পায়, ফলে প্লেট-কারেণ্টর হ্রাস ঘটে। সুতরাং এই ভাবে ক্রমান্বয়ে গ্রিড ভোল্টেজ (নেগেটিভ ভোল্টেজ) কম বেশী হওয়ার ফলে প্লেট-কারেণ্টের আকৃতি কণ্ট্রোল গ্রিডে প্রেরিত সিগ্ন্যাল ভোল্টেজের অনুরূপ হয়ে থাকে।

এখানে দুইটী বিষয় বিশেষ ভাবে স্মরণ রাখতে হবে। প্রথমতঃ হচ্ছে, গ্রিডে প্রেরিত সিগ্ন্যাল ভোল্টেজ একবার পজিটিভ আবার নেগেটিভ এই ভাবে অনবরত দিক

* সরলাকৃতি (১৬১নং চিত্র)।

পরিবর্ত্তন করে। কিন্তু তার দ্বারা এরূপ বুঝায় না যে, গ্রিডও ক্যাথোডের তুলনায় পজিটিভ হয়ে উঠে। দ্বিতীয়তঃ হচ্ছে এই যে, যদিও প্লেট-কারেন্ট সিগ্ন্যালের ন্যায় দিক পরিবর্ত্তন করে বলে মনে হয়, প্লেট-কারেন্ট কিন্তু প্রকৃত পক্ষে দিক পরিবর্ত্তন করে না, সব সময়ই একাভিমুখী থাকে। তবে সিগ্ন্যাল অনুযায়ী ইন্টেনসিটিতে একবার কম আবার বেশী হয়ে থাকে। আর এই কারণেই আমরা এই কারেন্টকে অল্টারনেটিং কারেন্ট বলে ধরে নিয়ে থাকি।

পূর্ব্বোক্ত বিষয় দুইটিকে উদাহরণ দিয়ে বুঝালে আরও পরিষ্কার হবে। যেমন ধরা যাক্, গ্রিডের নির্দ্দিষ্ট সি-ভোল্টেজের (নেগেটিভ ভোল্টেজের) পরিমাণ হচ্ছে ১৩ ভোল্ট এবং গ্রিড ভোল্টেজ এইরূপ নির্দ্দিষ্ট থাকা অবস্থায় প্লেট-কারেন্ট ৩৪ মিলি এ্যাম্পিয়ার আর গ্রিডে প্রেরিত সিগ্ন্যাল ভোল্টেজ হচ্ছে ১২ ভোল্ট।

প্রতিটি মুহূর্ত্তে যখন সিগ্ন্যালের পজিটিভ অল্টারনেশন তার পূর্ণ মাত্রায় (ম্যাক্সিমাম ভ্যালু) এসে পৌঁছায় তখন গ্রিড ভোল্টেজের পরিমাণ হয় (১৩ ভোল্ট নেগেটিভ বিয়োগ ১২ ভোল্ট পজিটিভ) মোট ১ ভোল্ট নেগেটিভ। ফলে, প্লেট কারেন্টের পরিমাণ বেড়ে গিয়ে প্রায় ৪৫ মিলি এ্যাম্পিয়ারে এসে পৌঁছায়। আবার সিগ্ন্যালের প্রতিটি নেগেটিভ মুহূর্ত্তের পূর্ণ মাত্রায় গ্রিড ভোল্টেজ হয় (১৩ ভোল্ট নেগেটিভ যোগ ১২ ভোল্ট নেগেটিভ) মোট ২৫ ভোল্ট নেগেটিভ। ফলে, প্লেট কারেন্ট কমে গিয়ে ১৪ মিলি এ্যাম্পিয়ার হয়ে পড়ে।

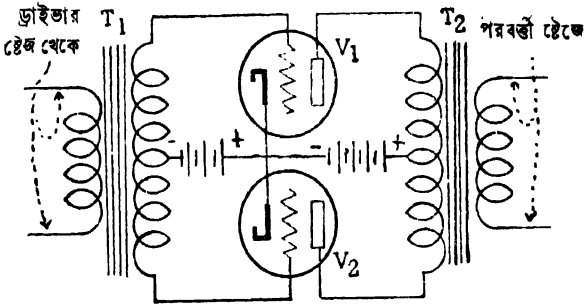
তাহলে দেখা যাচ্ছে, সিগন্যাল যখন ইন্টেনসিটি এবং পোটেনশিয়ালে উঠা-নামা করে, তখন গ্রিড ভোল্টেজও

১ ভোল্ট থেকে ২৫ ভোল্ট পর্য্যন্ত উঠা-নামা করবে। আর প্লেট কারেন্ট সিগ্ন্যালের সাথে সামঞ্জস্য রেখে ১৪ মিলি এ্যাম্পিয়ার থেকে ৫৪ মিলি এ্যাম্পিয়ারের মধ্যে উঠা-নামা করবে। এইরূপ প্লেট কারেন্টকে ঠিক মত লক্ষ্য করা যায় না, কারণ মিলি এ্যাম্মিটারের কাঁটা নিখুঁত ভাবে তাকে অনুসরণ করতে পারে না। কিন্তু অসিলোগ্রাফ এই সকল ক্ষেত্রে নিখুঁত ভাবে কাজ করে এবং এর দ্বারা কারেন্টের এইরূপ উত্থান-পতনকে স্পষ্টভাবে দেখতে পাওয়া যায়।

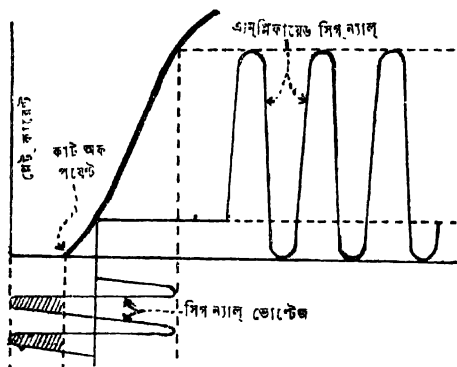
আউট-পুট-পাওয়ার ষ্টেজকে (ক্লাস-বি এ্যাম্প্লিফায়ার হিসাবে ব্যবহৃত) ড্রাইভ অর্থাৎ চালনা করার জন্য তার আগের ষ্টেজে ক্লাস-এ এ্যাম্প্লিফায়ারকে (ভোল্টেজ এ্যাম্প্লি-ফায়ার হিসাবে) ব্যবহার করা হয়। তাই ক্লাস-এ এ্যাম্প্লি-ফায়ারকে বলা হয় **ড্রাইভার ষ্টেজ**। কাজে কাজেই এই প্রসঙ্গে উল্লেখ যোগ্য যে, এইরূপ এ্যাম্প্লিফিকেশনের সময় লো ডিসটরশনই হচ্ছে ক্লাস-এ এ্যাম্প্লিফায়ারের বিশেষ গুণ; কারণ, ক্লাস-এ এ্যাম্প্লিফায়ার, গ্রিড-ভোল্টেজ—প্লেট-কারেন্ট ($E_G I_P$) কার্ভের সমান অংশটুকুর (সরলাকৃতি) উপর কাজ করে ফলে, পরবর্ত্তী পাওয়ার ষ্টেজের টিউব বা টিউবগুলির গ্রিডে প্রেরিত অল্টারনেটিং ভোল্টেজের আকৃতি, আগের ষ্টেজে ব্যবহৃত ক্লাস-এ এ্যাম্প্লিফায়ারের গ্রিডে বা ইন-পুটে প্রেরিত সিগ্ন্যাল ভোল্টেজের অনুরূপ হয়। ফলে, এই ষ্টেজের (পাওয়ার ষ্টেজের) আউট-পুটে ডিসটরশন কম থাকে। আর এই উভয় এ্যাম্প্লিফায়ারের ফলে এই আউট-পুট খুব শক্তিশালী (হাই পাওয়ার) হয় কারণ ক্লাস-বি এ্যাম্প্লিফায়ারের কার্য্যকারিতার-গুণে সিগ্ন্যাল ভোল্টেজের শক্তি বৃদ্ধি পায়। এখানে এই পাওয়ার আউট-পুট সার্কিট ব্যবস্থাকে এমন ভাবে করা যেতে পারে, যাতে আউট-পুট ষ্টেজের ঐ ডিসটরশনের পরিমাণ

৫% পারসেন্টের বেশী হবে না। এই হলো ক্লাস-এ এ্যাম্‌প্লিফিকেশনের এক প্রকার মোটামুটি বিবরণ।

ক্লাস-বি এ্যাম্‌প্লিফায়ার—ক্লাস-বি এ্যাম্‌প্লিফিকেশন সার্কিট ব্যবস্থায় পাওয়ার আউট-পুট অত্যন্ত উচ্চ মাত্রায় হয়ে থাকে। তাই যেখানে শক্তিশালী পাওয়ার আউট-পুটের দরকার হয় সেখানে ক্লাস-বি এ্যাম্‌প্লিফায়ার সার্কিটের প্রয়োজন।

সাধারণতঃ দেখা গেছে ক্লাস-বি এ্যাম্‌প্লিফায়ার ষ্টেজে ব্যবহৃত টিউব এমন ভাবে কাজ করে যে, যখন তার ইন্‌-পুটে কোনরূপ সিগ্‌ন্যাল থাকে না তখন প্লেট-কারেন্ট প্রায়

১৬২নং চিত্র—দুটি টিউব যুক্ত পুস-পুল (Push Pull) সার্কিট।

নেই বললেই হয়। কিন্তু গ্রিড যখন সিগ্‌ন্যাল গ্রহণ করে (ইন্‌-পুটে যখন সিগন্যাল উপস্থিত থাকে) তখন কারেন্ট (১৮০° ইলেক্‌ট্রিক্যাল ডিগ্রিতে) প্রবাহিত হয়। তাহলে এর দ্বারা স্পষ্টভাবে বুঝা যায় যে, একটি মাত্র টিউব ব্যবহার করলে এর ডিসটরশন্‌ কি ভাবে বৃদ্ধি পেয়ে থাকে। কিন্তু দুইটি টিউবকে পুস্‌-পুল হিসাবে (১৬২নং চিত্রের ন্যায়) ব্যবহার করলে ডিসটরশন কম হয়ে থাকে।

ক্লাস-বি এ্যাম্প্লিফিকেশন ষ্টেজে কাজ করবার জন্য টিউবকে স্বতন্ত্র ভাবে নির্ম্মাণ করা হয় এবং এমন ভাবে প্রস্তুত করা হয় যে, ইন-পুটে (গ্রিডে) সিগ্‌ন্যাল না থাকা অবস্থায় কিছু পরিমাণ প্লেট-কারেন্টকে আউট-পুটে উপস্থিত থাকার জন্য টিউবের গ্রিডে কোনরূপ সি-ভোল্টেজ সরবরাহের প্রয়োজন হয় না। ১৬৩নং চিত্রে দেখান হয়েছে যে—চিত্রের

১৬৩নং চিত্র—'ক্লাস-বি" এ্যাম্প্লিফিকেশন ক্যার‍্যাক্টারিসটিক। চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব ঐরূপ অবস্থায় টিউবের গ্রিড-বায়্যাস, কার্ভের প্রায় কাট-অফ-পয়েণ্টেই কাজ করে।

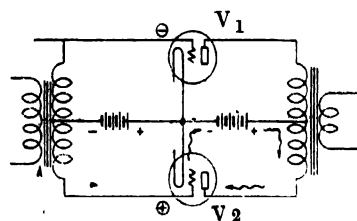
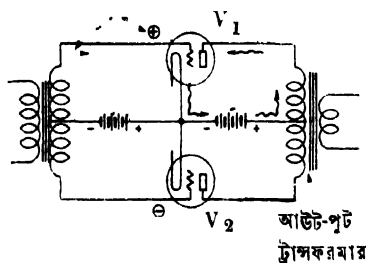
গ্রিড ব্যায়াস প্রায় কাট-অফ পয়েণ্টেই আছে। কাজে কাজেই এইরূপ অবস্থায় সিগ্‌ন্যালের প্রতিটি পজিটিভ হাফ সাইক্লসেই প্লেট কারেন্ট প্রবাহিত হবে। আর বাকি নেগেটিভ হাফ সাইক্লসে (চিত্রে যেটুকু ছায়াযুক্ত করা হয়েছে) কোন প্লেট-কারেন্ট প্রবাহিত হবে না। এখানে আউট-পুটের ঐ পাল্‌সের ন্যায় প্লেট কারেন্টের আকৃতি সিগন্যাল ভোল্টেজের

কেবল পজিটিভ অল্টারনেশনের অনুরূপ। এক্ষেত্রে চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব যেহেতু প্লেট কারেণ্ট ঊর্দ্ধমুখী স্যাচুরেশন পয়েণ্টের দিকে পরিচালিত সেইহেতু গ্রিডও ক্যাথোডের তুলনায় পজিটিভ হয়ে উঠবে। ফলে গ্রিড কারেণ্ট প্রবাহিত হয়ে কিছুটা ভোল্টেজ ক্ষয় (grid loss) হবে। তবে এখানে উল্লেখ যোগ্য যে, আগের ষ্টেজ থেকে প্রচুর পরিমাণ এনার্জি গ্রিডের ঐ ক্ষতিকে পূরণ করে দেয়।

ক্লাস-বি অডিও ফ্রিকোয়েন্সি এ্যাম্‌প্লিফিকেশনের জন্য দুটো টিউবকে ব্যবহার করতে হয়। এখানে দ্বিতীয় টিউবটি প্রথম টিউবের সাথে এমন ভাবে সংযুক্ত করা থাকে যে সাইক্লসের উভয় দিকই (both halves of cycle) আউট-পুটে এসে উপস্থিত হয়। ১৬৯নং চিত্রে এইরূপ একটি সার্কিটকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। এক্ষেত্রে ড্রাইভার ষ্টেজ থেকে সিগন্যাল প্রথমে T_1 ট্রান্সফরমারে যায়। এখানে এই ট্রান্সফরমারের সেকেণ্ডারীর দুইপ্রান্ত টিউবের গ্রিডে সংযুক্ত এবং মধ্যবিন্দু (Centre Tap) থেকে গ্রিড-বায়্যাসের ব্যবস্থা করা হয়েছে। আর T_2 ট্রান্সফরমারের প্রাইমারীর দুই প্রান্ত টিউবদ্বয়ের প্লেটে সংযুক্ত এবং প্লেট ভোল্টেজের জন্য প্লেট ব্যাটারীকে মধ্যবিন্দুর সাথে যুক্ত করা হয়েছে।

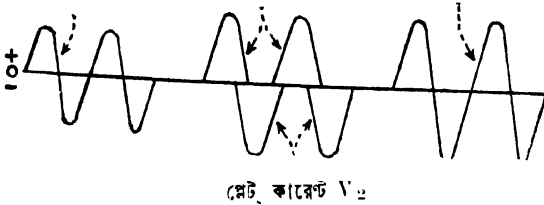
এক্ষেত্রে সিগন্যাল ভোল্টেজের ফলে যখন T_1 ট্রান্স-ফরমারের উপরদিক মধ্যবিন্দুর তুলনায় পজিটিভ হয় তখন ১৬৪নং চিত্রের ন্যায় V_1 টিউবের প্লেট-কারেণ্ট প্রবাহিত হবে এবং V_2 টিউব সম্পূর্ণ নিস্তেজ থাকবে। আবার যখন ১৬৫নং চিত্রের ন্যায় T_1 ট্রান্সফরমারের নীচের দিক হবে পজিটিভ তখন V_2 টিউবে প্লেট কারেণ্ট প্রবাহিত হবে এবং V_1 টিউব নিস্তেজ থাকবে। এইভাবে T_2

ট্রান্সফরমারের মধ্য দিয়ে উভয় দিক দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট T_2 ট্রান্সফরমারের সেকেণ্ডারীতে ইনডিউসড্ হয়ে ও উভয়ে একত্রিত হয়ে, সিগন্যাল ভোল্টেজের অনুরূপ এ্যামপ্লিফায়েড সিগন্যালের সৃষ্টি করবে (১৬৬নং চিত্র)।

পূর্ব্বেই বলেছি অধিকাংশ ক্ষেত্রেই ক্লাস-এ এ্যাম্‌প্লি-

১৬৪ ও ১৬৫নং চিত্র— ক্লাস-বি অডিও এ্যাম্‌প্লিফায়ার হিসাবে পুস-পুল সার্কিটের কার্য্যকারিতা।

ফায়ার টিউব, যাকে বলা হয়, "ড্রাইভার টিউব" সাধারণতঃ ক্লাস-বি এ্যামপ্লিফায়ার ষ্টেজের আগের ষ্টেজে ব্যবহৃত হয়ে থাকে। এইরূপ সার্কিট ব্যবস্থায় ড্রাইভার ষ্টেজ ও ক্লাস-বি ষ্টেজকে কাপলিং করার কাজে ট্রান্সফরমারকেই ব্যবহার করা হয়ে থাকে এবং সাধারণ

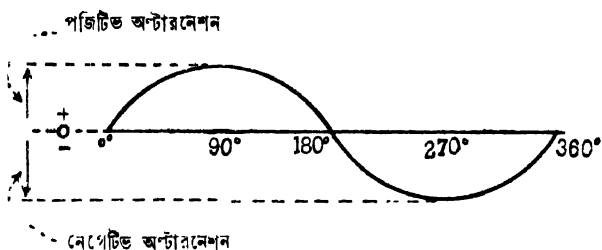
ক্ষেত্রে কাপলিং করার কাজে যে ষ্টেপ-আপ ট্রান্সফরমার ব্যবহৃত হয় তার পরিবর্ত্তে ষ্টেপ-ডাউন ট্রান্সফরমার ব্যবহার করা হয়। যাদের অনুপাত (ratio) সাধারণতঃ ১'৫ : ১ এবং ৫'৫ : ১ হয়ে থাকে—যদিও এদের অনুপাত নির্ভর করে ড্রাইভার ষ্টেজে ব্যবহৃত টিউব, পাওয়ার ষ্টেজে ব্যবহৃত টিউব, এবং পাওয়ার টিউবের লোডের উপর।

চিত্রের মধ্যে সব চেয়ে বেশী লক্ষ্য করবার বস্তু হচ্ছে, প্লেট কারেণ্ট যা শূন্য থেকে প্রায় ১০০ মিঃ এঃ পর্য্যন্ত হয়ে

১৬৬নং চিত্র—ক্লাস-বি এ্যাম্‌প্লিফায়ার হিসাবে ব্যবহৃত পুস-পুল সার্কিটের ইন-পুট ও আউট-পুট কারেণ্টের আকৃতি।

থাকে। তাই ক্লাস-বি ষ্টেজযুক্ত এ্যাম্‌প্লিফায়ারের পাওয়ার সাপ্লাইকে এমনি ভাবে নির্দ্দিষ্ট করা হয় যা, ঐ ষ্টেজের গ্রহণোপযোগী ম্যাক্সিমাম্ কারেণ্টকে যোগান দিতে পারে। তা ছাড়াও ঐ পাওয়ার সাপ্লাইয়ে ব্যবহৃত রেক্‌টিফায়ার টিউব, পাওয়ার-ট্রান্সফরমার এবং ফিল্টারকে এমন ভাবে গঠন করা হয়, যাতে ভোল্টেজ রেগুলেশন সম্বন্ধে নিশ্চিন্ত থাকা যায়।

এই সকল ক্ষেত্রে হাই-ভ্যাকুয়াম্ টাইপ রেকটিফায়ার (ভাল রেগুলেশন সহ) ভাল কাজ দেয়, কিন্তু যখন সার্কিটকে আরও ভাল ভাবে কাজ করবার দরকার হয় তখন মারকারি-

ভেপার রেক্টিফায়ারের (Marcury vapour Rectifier) প্রয়োজন হয়ে পড়ে। আর এক্ষেত্রে রিয়্যাক্টর (চোক) এবং পাওয়ার ট্রান্সফরমারের ওয়াইন্‌ডিং লো-রেজিষ্ট্যান্সের হয়ে থাকে।

মোটের উপর দেখা যাচ্ছে ক্লাসে-এ এ্যামপ্লিফায়ার সার্কিট ব্যবস্থায় ইন-পুট সার্কিটে প্রেরিত সিগন্যাল ভোল্টেজের প্রতিটি নেগেটিভ ও পজিটিভ উভয় অল্টারনেশনেই এ্যামপ্লিফায়ারের আউট-পুট সার্কিটে প্লেট কারেন্ট প্রবাহিত হয়—

১৬৭নং চিত্র —একটি সাইক্লসকে ডিগ্রী অনুযায়ী বিভক্ত করা হয়েছে।

তাই টেকনিকের ভাষায় বলা হয় যে, ক্লাস-এ এ্যামপ্লিফিকেশনে সাইক্লসের ৩৬০° ইলেকট্রিক্যাল ডিগ্রীতে (চিত্র নং ১৬৭) আউট-পুট সার্কিটে প্লেট-কারেন্ট প্রবাহিত হয়।

আর ক্লাস-বি এ্যামপ্লিফায়ার সার্কিট ব্যবস্থায়, ইন-পুটের প্রেরিত সিগন্যাল ভোল্টেজের প্রতিটি পজিটিভ অল্টারনেশনেই এ্যামপ্লিফায়ারের আউট-পুট সার্কিটে প্লেট কারেন্ট প্রবাহিত হয়। কিন্তু নেগেটিভ অল্টারনেশনে কোন প্লেট কারেন্ট থাকে না (completely cut-off)।

তাই মূলতথ্য অনুযায়ী (theoritically) **টেকনিকের ভাষায় একে বলা হয়, ক্লাস বি এ্যামপ্লিফিকেশনে সাইক্লসের**

১৮০° ইলেকট্রিক্যাল ডিগ্রীতে আউট-পুট সার্কিটে প্লেট কারেণ্ট প্রবাহিত হয়।

ক্লাস এ-বি বা **এ-প্রাইম এ্যাম্‌প্লিফিকেশন**—এইরূপ এ্যাম্‌প্লিফিকেশন সাধারণতঃ ক্লাস-এ এবং ক্লাস-বি এই দুইএর মধ্যবর্ত্তী স্থান অধিকার করে। সেই জন্যই একে বলা হয় ক্লাস এ-বি বা এ-প্রাইম এ্যাম্‌প্লিফিকেশন। এই এ্যাম্‌প্লিফিকেশন থেকে ভাল কাজ পেতে হলে দুইটি টিউব পুস-পুল ভাবে সংযুক্ত হওয়া উচিত এবং টিউবগুলি ক্লাস-এ এ্যাম্‌প্লিফিকেশনের জন্য নির্ম্মিত ভাল টিউবের ন্যায় হওয়া উচিত। এই সকল ক্ষেত্রে সাধারণতঃ পাওয়ার পেণ্টোডকেই ট্রায়োড টিউবের ন্যায় ব্যবহার করা হয় অর্থাৎ পাওয়ার পেণ্টোডএর স্ক্রিন গ্রিডকে প্লেটের সহিত সংযুক্ত করে দিয়ে ট্রায়োড হিসাবে কাজ করান হয়।

এ-প্রাইম বা এ-বি এ্যাম্‌প্লিফিকেশন ষ্টেজের সি-ভোল্টেজ, ক্লাস-এ এ্যাম্‌প্লিফিকেশনের জন্য ব্যবহৃত সি ভোল্টেজের চেয়ে বেশী হয়ে থাকে এবং সেই কারণে সিগ্‌ন্যাল না থাকা অবস্থায় তার নরম্যাল প্লেট কারেণ্ট ক্লাস-বি এ্যাম্‌প্লিফায়ারের কারেণ্টের চেয়ে কিছু বেশী এবং ক্লাস-এ এ্যাম্‌প্লিফায়ারের কারেণ্টের চেয়ে কিছু কম হয়ে থাকে। যখন সিগ্‌ন্যাল ভোল্টেজ মাঝামাঝি অবস্থায় থাকে তখন তার ষ্টেজ্‌ ক্লাস-এ ষ্টেজের ন্যায় কাজ করে। আবার কিছুক্ষণ পর যখন সিগ্‌ন্যাল শক্তিশালী হয়, তখন তার কার্য্যকারিতা ক্লাস-বি ষ্টেজের ন্যায় হয়। টেক্‌নিকের ভাষায় একে এই ভাবে বর্ণনা করা হয়—"There is a flow of plate current during more than 180° electrical degrees, but without reaching 360° degrees of the full cycle."

এক্ষেত্রেও ক্লাস-বি এ্যাম্‌প্লিফায়ারের ন্যায় ওয়েভসের কিছুটা অংশের জন্য যখনই গ্রিড পজিটিভ চার্জযুক্ত হয়, তখনই তার আগের ষ্টেজ থেকে কিছুটা এনার্জি এসে গ্রিড সার্কিটে কারেন্টের ক্ষতি পূরণ করে দেয় এবং কাপলিং ট্রান্সফরমারকে এই জন্যই গ্রহণ করা হয় এক্ষেত্রে পুনরায় স্মরণ করিয়ে দেওয়া যেতে পারে যে, এর পাওয়ার সাপ্লাই খুব ভাল রেগুলেশন যুক্ত হওয়া চাই, তবে এখানে এর প্রয়োজনীয়তা ক্লাস-বি এ্যাম্‌প্লিফায়ারের অনুরূপ নয়।

অডিও এ্যাম্‌প্লিফিকেশন সম্বন্ধে আলোচনা এই খানেই শেষ করতে পারতাম, কিন্তু এ্যান্‌প্লিফায়ার সার্কিটের সাথে ওতপ্রোত ভাবে জড়িত এইরূপ কয়েকটি সার্কিট সম্বন্ধে আলোচনা না করলে সমস্ত বিষয়টি অসম্পূর্ণ থেকে যায়; কারণ পুর্ব্বেই বলেছি যে, একটি খুব ভাল রেডিও রিসিভারে সাধারণতঃ চারিটি বিভাগ থাকে যথা :—

১। **আর-এফ- এ্যাম্‌প্লিফায়ার ষ্টেজ্‌।**

২। **ডিটেক্টর ষ্টেজ্‌।**

৩। **এ-এফ, এ্যাম্‌প্লিফায়ার ষ্টেজ্‌।**

৪। **রিপ্রোডিউসার (লাউড স্পিকার)।**

১। আর-এফ এ্যাম্‌প্লিফায়ারের কাজ হলো এরিয়াল থেকে পাওয়া ও ডিটেক্টরের অনুপযুক্ত অত্যন্ত দুর্ব্বল কারেন্টকে শক্তিশালী বা এ্যাম্‌প্লিফাই করা। আর এরিয়ালে অবস্থিত বিভিন্ন প্রকার সিগ্‌ন্যালের সব কয়টিকে এক সঙ্গে গ্রহণ না করে কেবলমাত্র প্রয়োজনীর সিগন্যালকে বেছে নেওয়া বা টিউন করে নেওয়া।

২। ডিটেক্টর ষ্টেজকেও রেডিও রিসিভারের একটা প্রধান অঙ্গ বলা চলে; কারণ, এই ডিটেক্টর ষ্টেজেই,

প্রেরক যন্ত্র থেকে প্রেরিত মডিউলেটেড সিগন্যালকে অর্থাৎ অডিও মিশ্রিত উভয় তরঙ্গজাত রেডিও ওয়েভসের এক দিককে রেক্‌টিফাই করে আলাদা করে ফেলে ও সেই সাথে অডিও মিশ্রিত রেডিও ওয়েভস্ থেকে অডিওকে আলাদা করে নেয়।

৩। এ এফ এ্যাম্প্লিফায়ারের কাজ হলো, ডিটেক্টর থেকে পাওয়া ঐ দুর্ব্বল অডিও ওয়েভসকে শক্তিশালী বা এ্যাম্প্লিফাই করে পরবর্ত্তী ষ্টেজের উপযুক্ত করে তোলা।

৪। পরবর্ত্তী ষ্টেজ্ অর্থাৎ রিপ্রোডিউসারের কাজই হলো অডিও ফ্রিকোয়েন্সি এ্যাম্প্লিফায়ার থেকে পাওয়া অডিও ওয়েভসের অনুরূপ কারেণ্টকে শব্দে রূপান্তরিত করা।

তাহলে দেখা যাচ্ছে চারিটি বিভাগের মধ্যে প্রত্যেকেরই স্বতন্ত্র কার্য্যকারিতা আছে এবং প্রত্যেকেই নিজস্ব ধর্ম্ম অনুযায়ী কাজ করে। কিন্তু সমস্যা হচ্ছে এই যে, ঐ চারিটি ষ্টেজকে পাশাপাশি বসিয়ে দিলেই তো চলবে না; কারণ, প্রত্যেকে যখন তার নিজস্ব ধর্ম্ম অনুযায়ী কাজ শেষ করে, তখন প্রয়োজন হয় ঐ সমাপ্ত কাজকে পরবর্ত্তী ষ্টেজে পৌঁছে দেওয়া এবং তার জন্যই দরকার তাদের পরস্পরের মধ্যে সংযোগ সাধন অর্থাৎ প্রথম ষ্টেজের আউট-পুটের বা প্লেটের সিগ্‌ন্যালকে পরবর্ত্তী ষ্টেজের গ্রিডে বা ইন্‌-পুটে পৌঁছে দেওয়া। এইরূপ এক ষ্টেজ থেকে পরবর্ত্তী ষ্টেজের মধ্যে সংযোগ সাধনকে টেক্‌নিকের ভাষায় বলা হয় **কাপলিং**।

এই কাপলিং-এর প্রধান উদ্দেশ্যই হচ্ছে, প্রথম টিউবের

গ্রিডে প্রেরিত সিগ্ন্যালের ভেরিয়েশন্ অনুযায়ী প্লেট কারেণ্টের যে ভেরিয়েশন্ হয় সেই ভেরিয়েশনকে পরবর্ত্তী টিউবের গ্রিডে পৌঁছে দেওয়া। এই পৌঁছে দেওয়ার কাজটা সাধারণতঃ তিন প্রকারে সাধিত হয়ে থাকে যথা—

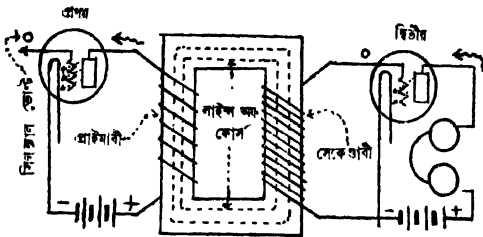
১। **ট্রান্সফরমার কাপলিং।**

২। **রেজিষ্ট্যান্স কাপলিং।**

৩। **ইম্পিডেন্স কয়েল কাপলিং।**

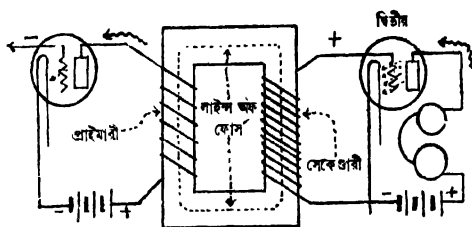
উল্লিখিত তিন প্রকার কাপলিং-এর মধ্যে প্রত্যেকেরই স্বতন্ত্র বৈশিষ্ট্য এবং কার্য্যক্রম সম্বন্ধে একটা নির্দ্দিষ্টতা আছে। আর সকল সময়েই তারা নিজস্ব ধর্ম্ম অনুযায়ী কাজ করে। যেমন কেহবা সার্কিটের সিলেক্টিভিটি ও সেনটিভিটিকে বৃদ্ধি করে, রিসিভারের কোয়ালিটিকে (quality) উন্নত ধরণের কাজে সাহায্য করে, আবার কেহবা ঠিক কোয়ালিটি রক্ষা করতে না পারলেও রিসিভারের আউট-পুট-গেনকে খুব উচ্চ মাত্রায় পৌঁছে দিতে পারে। যাহা হউক, এ ধরণের আলোচনার এখন প্রয়োজন নাই, এখন কেবল দেখা যাক, কে, কি ভাবে কাজ করে অর্থাৎ কেবল তাদের কার্য্যকারিতার দিকটাই আলোচনা করবো।

ট্রান্সফরমার কাপলিং—১৬৮নং চিত্রে ট্রান্সফরমার কাপলিংযুক্ত এ্যাম্প্লিফিকেশন ষ্টেজকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। এক্ষেত্রে এ্যাম্প্লিফিকেশন সার্কিটে আছে ট্রান্স-ফরমারের সেকেণ্ডারী, দুইটি টিউব, একটি হেডফোন ও ব্যাটারী। চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব, প্রথম টিউবের প্লেট সার্কিট ও দ্বিতীয় টিউবের গ্রিড সার্কিটের মধ্যে একমাত্র ইলেক্ট্রোম্যাগনেটিক্ কাপলিং ব্যতীত অন্য কোনরূপ তার-জাতীয় সংযোগ (electric connection) নাই।

বিশেষ ভাবে লক্ষ্য করলে দেখতে পাব, চিত্রে অঙ্কিত প্রথম টিউবের কণ্ট্রোল গ্রিডে কোনরূপ সিগ্‌ন্যাল ভোল্টেজ না থাকার জন্য প্লেট কারেণ্টের ইন্‌টেনসিটিও স্থির অবস্থায় থাকে এবং এইরূপ প্লেট কারেণ্ট ট্রান্সফরমারের প্রাইমারী-কয়েলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হওয়ার জন্য যে ম্যাগনেটিক্ ফিল্ডের সৃষ্টি হয় তারও ডেনসিটি একটা স্থির অবস্থায় থাকবে, ফলে সেকেণ্ডারীতে কোনরূপ ভোল্টেজ উৎপন্ন না হওয়ায় (ইনডিউস না করায়) দ্বিতীয় টিউবের প্লেট কারেণ্টও একটা স্থির অবস্থায় থাকবে অর্থাৎ প্লেট-কারেণ্টের কোনরূপ ভেরিয়েশন দেখা দেবে না।

১৬৮নং চিত্র।

কিন্তু যখন সিগন্যাল এসে পড়ে, তখন উল্লিখিত চিত্রের যেরূপ অবস্থা হয়, তাকেই যথাক্রমে ১৬৯ ও ১৭০নং চিত্রে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। ১৬৯নং চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব, প্রথম টিউবের গ্রিডে নেগেটিভ চিহ্ন দেওয়া আছে। ঐ চিহ্ন দ্বারা এটাই বুঝান হয়েছে যে, সিগন্যাল ভোল্টেজের উভয় তরঙ্গের অর্থাৎ সাইক্লসের নেগেটিভ ও পজিটিভ হাফ্‌ সাইক্লদ্বয়ের মধ্যে যখন কেবল নেগেটিভ হাফ-সাইক্ল, প্রথম টিউবের কণ্ট্রোল গ্রিডে এসে পড়ে, তখন পূর্ব্বের তুলনায় প্লেট-কারেণ্ট কমে গিয়ে ম্যাগনেটিক্ ফিল্ডের হ্রাস

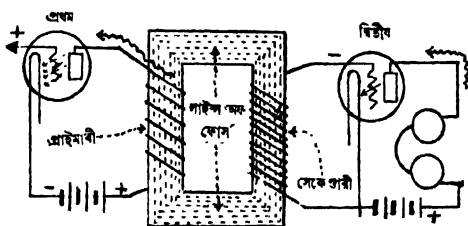
প্রাপ্তি ঘটায় ও তারই সাথে ডেনসিটি বা লাইন্স অফ্ ফোর্সের পতন ঘটায়।

পূর্ব্বেই বলেছি যে লাইন্স অফ্ ফোর্সের পরিমাণগত সমষ্টির উপরই সেকেণ্ডারীর ইনডিউসড্ ভোল্টেজ নির্ভর করে এবং ঐ ইন্‌ডিউসড্ ভোল্টেজের সৃষ্টি হয় তখনই, যখন লাইন্স অফ্ ফোর্সের মধ্যে একটা আলোড়নের সৃষ্টি করা হয়, তাহলে এ ক্ষেত্রে প্লেট কারেণ্টের পতনের ফলে লাইন্স অফ্ ফোর্স নাড়া খেয়ে তার মধ্যে একটা আলোড়নের সৃষ্টি হয়ে সেকেণ্ডারীতে ভোল্টেজ

১৬৯নং চিত্র।

ইনডিউসড্ করে, দ্বিতীয় টিউবের কণ্ট্রোল গ্রিডকে করে তোলে পজিটিভ চার্জযুক্ত, ফলে, টিউবের প্লেট কারেণ্ট বৃদ্ধি প্রাপ্ত হয়। চিত্রে তা তীর চিহ্ন দ্বারা দেখান হয়েছে।

কিন্তু অর্দ্ধ তরঙ্গ পরে যখন সিগন্যাল ভোল্টেজের পজিটিভ হাফ্ সাইক্ল এসে প্রথম টিউবের কণ্ট্রোল গ্রিডকে পজিটিভ চার্জযুক্ত করবে তখন গ্রিড পজিটিভ হওয়ার ফলে প্লেট কারেণ্ট অসম্ভব রকম বেড়ে গিয়ে ম্যাগনেটিক্ ফিল্ডের ইনটেনসিটিকেও বাড়িয়ে দেবে ; ফলে, সেকেণ্ডারীর ইনডিউসড ভোল্টেজের উৎপত্তি হবে। তবে, এবার বিপরীত দিকে, অর্থাৎ প্রথম টিউবের কণ্ট্রোল গ্রিড নেগেটিভ হওয়ার ফলে

সেকেণ্ডারীতে যেদিকে ভোল্টেজ ইন্‌ডিউসড্‌ হয়েছিল এক্ষেত্রে কণ্ট্রোল গ্রিড্‌ পজিটিভ হওয়ার ফলে তার বিপরীত দিকে ভোল্টেজ ইন্‌ডিউসড্‌ হবে। কাজে কাজেই দ্বিতীয় টিউবের গ্রিড্‌ এবারে হবে নেগেটিভ চার্জযুক্ত আর সঙ্গে সঙ্গে প্লেট কারেণ্টের অবস্থা হবে ১৭০নং চিত্রের তীর চিহ্নের ন্যায় সংক্ষিপ্ত ও খর্ব্বিত।

এই ভাবে সিগ্‌ন্যাল ভোল্টেজের পুনঃ পুনঃ উত্থান পতনের ফলে গ্রিড একবার নেগেটিভ ধর্ম্মী, আবার পজিটিভ ধর্ম্মী হওয়ার ফলে তার প্লেট কারেণ্টের ভেরিয়েশন অনুযায়ী

১৭০নং চিত্র।

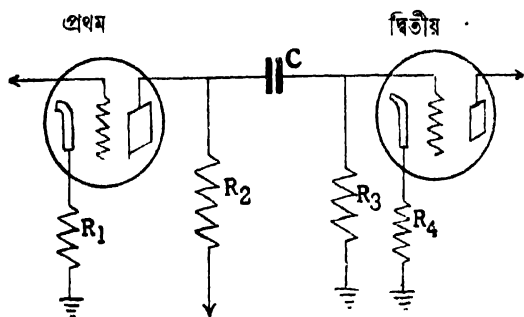
ম্যাগনেটিক্‌ ফিল্ডের ইন্‌টেনসিটি হবে একবার কম একবার বেশী; আর তদনুযায়ী সেকেণ্ডারীর ইন্‌ডিউসড্‌ ভোল্টেজও কেবল দিক পরিবর্ত্তন করতে থাকবে ও গ্রিডকে করে তুলবে একবার নেগেটিভ ও একবার পজিটিভ। তার ফলে দ্বিতীয় টিউবের প্লেট কারেণ্টের ভেরিয়েশন হবে প্রথম টিউবের কণ্ট্রোল গ্রিডে প্রেরিত সিগ্‌ন্যাল ভোল্টেজের অনুরূপ। এই হল ট্রান্সফরমার ক্যাপলিংএর কার্য্যকারিতা। এই ভাবেই ট্রান্সফরমার ক্যাপলিং, প্রথম টিউব থেকে—তার কারেণ্ট ভেরিয়েশন অনুযায়ী—পরবর্ত্তী টিউবের গ্রিড ভোল্টেজকে পরিবর্ত্তন বা ভ্যারি করে সংযোগ সাধন করে থাকে।

তবে ট্রান্সফরমার ক্যাপলিং সম্বন্ধে দুটি গুরুত্বপূর্ণ বিষয় বিশেষ ভাবে মনে রাখতে হবে যেমন—

১। ট্রান্সফরমারের প্রাইমারী-কয়েলের মধ্য দিয়ে কারেণ্ট কেবল এক দিকেই প্রবাহিত হয়, তবে তার ইন্‌টেন্‌সিটি, টিউবের গ্রিডে প্রেরিত সিগ্‌ন্যাল ভোল্টেজ অনুযায়ী ওঠা-নামা করে।

২। ট্রান্সফরমারের সেকেণ্ডারীর সাথে যুক্ত টিউবের অর্থাৎ দ্বিতীয় টিউবের ক্যাথোড-গ্রিড সার্কিট সম্পূর্ণ (complete) না হওয়ায় ঐ সার্কিটে কোনরূপ কারেন্টের অস্তিত্ব থাকে না, তবে সেকেণ্ডারী কয়েলকে কম বেশী ইন্‌টেনসিটিযুক্ত লাইনস্ অফ ফোর্স ছেদ করায় এক প্রকার অল্টারনেটিং ভোল্টেজ উৎপন্ন হয় (ইন্‌ডিউসড্ করে). এবং এই অল্টারনেটিং ভোল্টেজের অল্টারনেশন অর্থাৎ দিক্ পরিবর্ত্তনও প্রাইমারী কয়েলের কারেন্টের ভেরি-য়েশন অনুযায়ী পরিবর্ত্তিত হয়ে থাকে। ফলে দ্বিতীয় টিউবের গ্রিডের অল্টারনেটিং ভোল্টেজ দ্বারা নিয়ন্ত্রিত প্লেট কারেণ্টও প্রথম টিউবের প্লেট কারেন্টের অনুরূপ তবে কিছু বেশী শক্তিশালী বা এ্যাম্‌প্লিফায়েড হয়। এই এ্যাম্‌প্লিফিকেশন নির্ভর করে ট্রান্সফরমারের পাক-সংখ্যার অনুপাতের (Turns Ratio) উপর। অর্থাৎ প্রাইমারী কয়েলে যদি তারের পাক থাকে ১000 আর সেকেণ্ডারীর পাক যদি থাকে ৩000 তাহলে তাদের পাক সংখ্যার অনুপাত হবে ১ঃ৩ (এক অনুপাত তিন) অতএব সেকেণ্ডারীতে যে ইন্‌-ডিউসড ভোল্টেজ হবে তার পরিমাণ—প্রাইমারীর

চেয়ে তিন গুণ বেশী হবে। ফলে, দ্বিতীয় সিগন্যাল প্রথম টিউবের চেয়ে তিন গুণ শক্তিশালী এ্যাম্প্লিফায়েড হবে।

রেজিষ্ট্যান্স কাপলিং—সাধারণতঃ কন্‌ডেন্সার ও রেজিষ্ট্যান্স দ্বারা কাপলিং করা হয় বলেই একে রেজিষ্ট্যান্স কাপলিং বলা হয়। এর সুবিধা হচ্ছে, এক দিকে যেমন হাই-এ্যাম্প্লিফিকেশন টিউবের সাথে সংযোগ সাধন করতে পারে, অপর দিকে তেমনি কম খরচে ও অল্প পরিমিত স্থানের মধ্যে এই কার্য্য সাধিত হয়ে থাকে। কারণ, লোড ইম্পিডেন্সের দিক

১৭১নং চিত্র—রেজিষ্ট্যান্স কাপলিং সার্কিট।

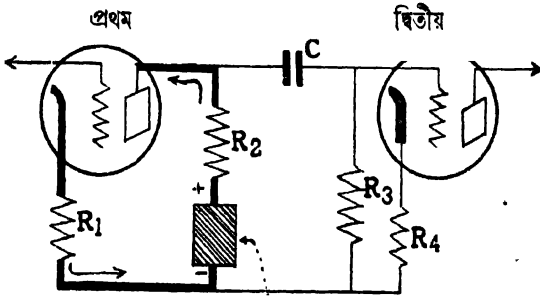
দিয়ে দেখতে গেলে দেখতে পাব, কতকগুলি টাইপের হাই-এ্যাম্প্লিফিকেশনযুক্ত টিউবে যে রকম হাই-ইম্পিডেন্সের প্রয়োজন হয়, তা সস্তা দরের ট্রান্সফরমার থেকে পাওয়া যায় না, অথচ খুব সস্তা দরের রেজিষ্ট্যান্স এবিষয়ে খুব সূক্ষ্ম ভাবে কাজ করে। আর এতে মস্ত সুবিধা এই যে এর ইম্পিডেন্স, সিগ্‌ন্যালের ফ্রিকোয়েন্সি অনুযায়ী উঠা নামা করে না।

তবে আমাদের মনে রাখতে হবে যে, প্রকৃত পক্ষে কাপলিং

এর কার্য্য সাধন করা হয় কন্‌ডেন্সার দ্বারা এবং এই কন্‌-ডেন্সারই সিগ্‌ন্যাল ফ্রিকোয়েন্সির পরিমাণ হ্রাস বৃদ্ধির অনুপাতে ইম্পিডেন্সের উন্নতি ঘটায়। আর একটা প্রধান লক্ষ্য করবার জিনিষ হচ্ছে, এই যে, রেজিষ্ট্যান্স কাপলিং সিষ্টেম, ষ্টেপ-আপ-ট্রান্সফরমারের মত কোনরূপ ভোল্টেজ এ্যাম্‌প্লিফিকেশনের উপায় অবলম্বন করে না। পরে পরবর্ত্তী ষ্টেজে ব্যবহৃত টিউবের অধিক সংখ্যক এ্যাম্‌প্লিফিকেশন এই অভাব পূরণ করে দেয়।

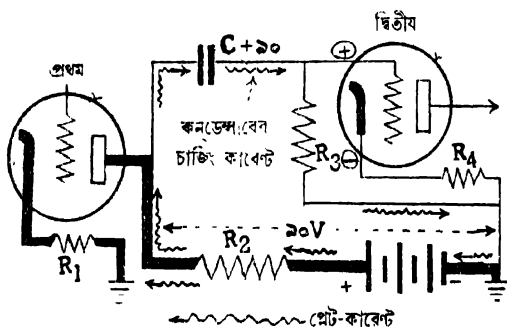
রেজিষ্ট্যান্স ও কনডেন্সার কাপলিং বুঝবার পক্ষে খুব সোজা; কিন্তু যে ভাবে সার্কিটের মধ্যে অঙ্কন করে দেখান থাকে সে ভাবে তাকে টপ করে বুঝে নেওয়া বড় কঠিন। তাই নূতন উপায়ে অঙ্কন করে তাদের কার্য্যকারিতা সম্বন্ধে বিবরণ দিব।

সাধারণতঃ রিসিভার-ডায়াগ্রামে, রেজিষ্ট্যান্স কাপলিংকে যেভাবে অঙ্কন করে থাকে, ঠিক তার অনুরূপ ভাবেই ১৭১নং চিত্রে অঙ্কিত হয়েছে। কিন্তু পূর্ব্বেই বলেছি, এভাবে অঙ্কন করলে কিভাবে যে পূর্ব্ববর্ত্তী টিউব থেকে পরবর্ত্তী টিউবের কণ্ট্রোল গ্রিডে সিগ্‌ন্যাল এসে উপস্থিত হয়, তা বুঝাতে বেশ কিছুটা সময় লাগে; তাই পুর্ব্বের ঐ সার্কিটকে ১৭২নং চিত্রে কিছুটা নূতন ভাবে অঙ্কন করা হয়েছে। তবে পরিবর্ত্তনের মধ্যে কেবল প্লেট সার্কিটের জন্য পাওয়ার সাপ্লাইকে যুক্ত করে দেওয়া হয়েছে। চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব, চিত্রে তীর-চিহ্ন অঙ্কিত ডাইরেক্ট কারেণ্ট, প্রথমে সার্কিটে অবস্থিত রেজিষ্ট্যান্সের (যথাক্রমে R_1 ও R_2) মধ্য দিয়ে ও পরে টিউবের মধ্যস্থিত প্লেট ও ক্যাথোডের মধ্যে যে

ফাঁক আছে তার মধ্য দিয়েই প্রবাহের পথ পাচ্ছে। ফলে, ওমস্-সূত্র অনুযায়ী চিত্রে চিহ্নিত 'ক' ও 'খ' বিন্দুর মধ্যকার ভোল্টেজ হবে উভয় বিন্দুর মধ্যস্থিত মোট রেজিষ্ট্যান্স ও এ্যাম্পিয়ার হিসাবে কারেণ্টের গুণফলের সমান। আবার যেহেতু কনডেন্সার c ও রেজিষ্ট্যান্স R_3 উভয়ে পরস্পর সিরিজ ভাবে যুক্ত হয়ে চিত্রের 'ক' ও 'খ' বিন্দুদ্বয়ে যুক্ত সেইহেতু তারাও উল্লিখিত ভোল্টেজের অন্তর্গত হবে। এই প্রসঙ্গে আর একটি জিনিষ দেখিয়ে রাখা ভাল যে, পরবর্ত্তী টিউবের গ্রিড ও ক্যাথোড, ঐ R_3 রেজিষ্ট্যান্সের অ্যাক্রশেই যুক্ত।

১৭২নং চিত্র—১৭১নং চিত্রে অঙ্কিত রেজিষ্ট্যান্স কাপলিং সার্কিটকে বুঝাবার জন্য এখানে পুনরায় সহজ ভাবে অঙ্কন করা হয়েছে।

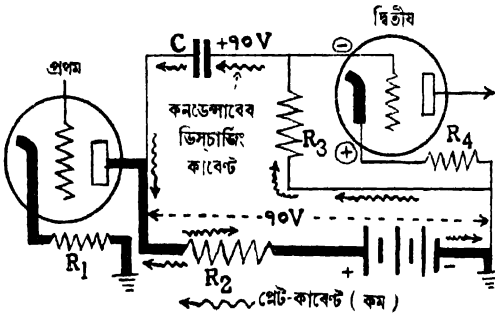
এইবার ধরে নেওয়া যাক্ যে, ১৭২নং চিত্রে অঙ্কিত প্রথম টিউবের গ্রিডে সিগন্যাল উপস্থিত হওয়ায় ঐ টিউবে প্লেট-কারেণ্ট অত্যন্ত শক্তিশালী হয়েছে এবং 'ক' ও 'খ' বিন্দু-দ্বয়ের মধ্যকার ভোল্টেজ হচ্ছে ৯০ ভোল্ট—ফলে, প্রথমেই কন্ডেন্সারের যে প্রান্ত চিত্রের 'ক' বিন্দুর সাথে যুক্ত, সেই প্রান্তের প্লেট হবে ৯০ ভোল্ট পজিটিভ চার্জযুক্ত এবং কন্ডেন্সারের এইরূপ অবস্থা সৃষ্টির জন্যই ১৭৩নং চিত্রে অঙ্কিত

তীর চিহ্নের ন্যায় R_3 রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে কারেণ্ট প্রবাহিত হবে; আর ঐ রেজিষ্ট্যান্স পরবর্ত্তী টিউবের ইন্‌পুটে (অর্থাৎ গ্রিড ও ক্যাথোড প্রান্তে) যুক্ত থাকায় ঐ টিউবের গ্রিড, গ্রাউণ্ডের (ভূমি সংযোগের) তুলনায় পজিটিভ পোটেনশিয়ালে থাকবে।

আবার ঠিক পরবর্ত্তী মুহূর্ত্তে প্রথম টিউবের প্লেট কারেণ্ট কমে যাবে (সিগ্‌ন্যালের কম বেশীর গুণে)। ফলে প্লেট সার্কিটে কারেণ্টের পতন হওয়ায় 'ক' ও 'খ' বিন্দুর মধ্যবর্ত্তী ভোল্টেজও কমে যাবে। যেমন ধরে নেওয়া যাক্ নিগ্‌ন্যাল কম-বেশীর দরুণ প্লেট ভোল্টেজ ৯০ থেকে কমে হলো

১৭৩নং চিত্র--শক্তিশালী প্লেট-কারেণ্টের ফলে কাপলিং সার্কিটের আকৃতি।

৭০ ভোল্ট। কিন্তু এখনও পর্য্যন্ত সার্কিটে কনডেন্সারটি পূর্ব্বের সিগ্‌ন্যাল অনুযায়ী ৯০ ভোল্ট থেকে চার্জযুক্ত হয়ে আছে। কাজে কাজেই পূর্ব্বের ঐ ৯০ ভোল্টে চার্জযুক্ত কনডেন্সারটি এখন ৭০ ভোল্ট যুক্ত হওয়ায় অতিরিক্ত ভোল্টেজটি, ১৭৪নং চিত্রে তীর চিহ্ন অঙ্কিত পথে কিছুটা কারেণ্ট প্রবাহের সৃষ্টি করবে। ফলে, দ্বিতীয় টিউবের গ্রিড, ক্যাথেডের তুলনায় নেগেটিভ পোটেনশিয়াল পাবে।

পরবর্ত্তী মুহূর্ত্তে সিগন্যাল পরিবর্ত্তিত হয়ে প্রথম টিউবের প্লেট কারেন্টকে পুনরায় বৃদ্ধি করে দেয়. এবং তার ফলে 'ক' ও 'খ' বিন্দুর মধ্যকার ভোল্টেজও যায় বেড়ে, আর কনডেন্সারটিও অতি উচ্চ মাত্রায় চার্জ গ্রহণ করে, তাই পূর্ব্বের ন্যায় (১৭৩নং চিত্রের) তীর চিহ্নিত পথেই কারেন্ট প্রবাহিত হয়।

তাহলে উল্লিখিত বর্ণনা দ্বারা ইহাই প্রমাণিত হয় যে, প্রথম টিউবের গ্রিডে প্রেরিত সিগন্যাল ভোল্টেজের গুণে, অনুরূপ ইনটেনশিটিযুক্ত প্লেট-কারেন্ট R_2 রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য

১৭৪নং চিত্র—দুর্ব্বল প্লেট-কারেন্টের ফলে কাপলিং সার্কিটের আকৃতি।

দিয়ে প্রবাহিত হতে থাকে: ফলে সিগন্যালের গুণে কনডেন্সারটিও ঐ কারেন্ট ভেরিয়েশন অনুযায়ী আংশিক ভাবে R_3 রেজিষ্ট্যান্সের মধ্যদিয়ে একবার চার্জ আবার ডিসচার্জ হতে থাকে। আর ঐ কনডেন্সারের চার্জ ভোল্টেজ ও ডিসচার্জ ভোল্টেজের ফলে R_3 রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে যে কারেন্ট প্রবাহিত হয় তার ফ্রিকোয়েন্সি, প্রথম টিউবের প্লেট কারেন্টের ফ্রিকোয়েন্সির অনুরূপ হবে এবং তার ভেরি-

য়েশনও কারেণ্টের ইনটেনসিটি অনুযায়ী হবে। এই ভেরি-য়েশন কারেণ্ট বা অল্টারনেটিং কারেণ্ট দ্বিতীয় টিউবের গ্রিড ক্যাথোড সার্কিটে বা ইন-পুট সার্কিটে এসে উপস্থিত হয়। এই ভাবেই প্রথম টিউবের আউট-পুটের সিগন্যাল পরবর্ত্তী টিউবের ইন-পুটে পৌঁছে দেওয়া হয়। এই হলো রেজিষ্ট্যান্স ও কনডেন্সার যুক্ত **"রেজিষ্ট্যান্স কাপলিং-"** এর কার্য্যকারিতা।

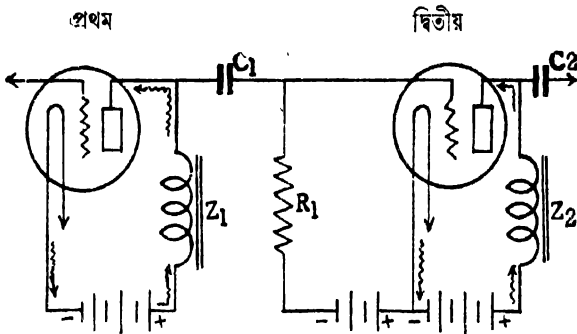
এইবার আসা যাক্ রেজিষ্ট্যান্স কাপলিং-এ ব্যবহৃত রেজি-ষ্ট্যান্স ও কনডেন্সার অর্থাৎ R_2 R_3 ও কনডেন্সার "C"-এর পরিমাণ নির্ণয়ের দিকে। পূর্ব্বেই আমরা দেখেছি যে, কনডেন্সার R_3 রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেণ্ট হচ্ছে দিক-পরিবর্ত্তী এবং এও দেখেছি যে এই দিক পরিবর্ত্তী অল্টারনেটিং কারেণ্টের হাই-নোটস্‌এর চেয়ে এর লো-নোটস্‌ই বেশী সংখ্যক ইম্পিডেন্সকে বাধা দেয়। কাজেকাজেই এক্ষেত্রে অল্প পরিমাণ ক্যাপাসিটির কনডেন্সার ব্যবহার করা ভাল। বেশী ক্যাপাসিটির কনডেন্সার ব্যবহার করলে প্রথমতঃ তার সাথে সিরিজ ভাবে যুক্ত R_3 রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ খুব কম (লো ভ্যালু) দরকার হয়; তা না হলে, সিগন্যালের ডিস্-টরশনকে নষ্ট করবার জন্য যত শীঘ্র ডিস্‌চার্জ হওয়া দরকার ঠিক তত শীঘ্র ডিস্‌চার্জ হতে পারে না। দ্বিতীয়তঃ R_3 রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ কম হলে দ্বিতীয় টিউবে প্রেরিত ভোল্টেজের পরিমাণ হ্রাস পায়। কাজে কাজেই সিগন্যাল ভোল্টেজ যাতে কম না হয় তার জন্য বেশী পরিমাণের রেজি-ষ্ট্যান্স (হাই ভ্যালু) ব্যবহার করাই ভাল।

পুনরায় ঐ কনডেন্সার ও রেজিষ্ট্যান্স R_3 সম্বন্ধে আর একটা জিনিষ লক্ষ্য করলে দেখতে পাব, উভয়ই সিরিজ ভাবে

যুক্ত হয়ে পূর্ব্ববর্ত্তী টিউবের লোড রেজিষ্ট্যান্সের সাথে প্যারালাল ভাবে যুক্ত আছে ; ফলে, এর ইম্পিডেন্স ঐ পালসেটিং কারেণ্টের উপর কিছু না কিছু কাজ করবেই। এই কনডেন্সার ও রেজিষ্ট্যান্স R_2 এর মোট ইম্পিডেন্সকে যত কমান যায়, R_2 রেজিষ্ট্যান্সের উপর তার কার্য্যকারিতা ততই বেশী হয় আবার লোডের ইম্পিডেন্স যত কম হয় টিউবের এ্যামপ্লিফিকেশনও তত কম হয়।

মোটের উপর কম্পোনেণ্টগুলি পরস্পর পরস্পরের সাথে এমন ভাবে জড়িত যে, আমরা যদি ফিডেলিটির উন্নতি করতে যাই তাহলে এ্যামপ্লিফিকেশনের কিছুটা অংশ হারাব। আবার যদি এ্যামপ্লিফিকেশনকে বৃদ্ধি করতে যাই, তাহলে লো-ফ্রিকোয়েন্সিগুলিকে হারাব। তাহলে দেখা যাচ্ছে, রেজিষ্ট্যান্স ও কনডেন্সারের পরিমাণ অল্পের জন্য যে ভাবে পরিবর্ত্তিত হয়ে পড়ে তা অতীব বিস্ময়জনক। তাই এর মাণ নির্ণয় হিসাব নিরূপণ (Calculation) দ্বারা ঠিক করলেও প্র্যাক্‌টিক্যাল সার্কিটে এদের অনেক তারতম্য দেখা যায়। তার চেয়ে প্রস্তুতকারকদের (Manafacturer's) ল্যাবরেটারীতে যে ভাবে বিভিন্ন পরিমাপের রেজিষ্ট্যান্স ও কনডেন্সার নিয়ে পরীক্ষা মূলক ভাবে এর মান নির্ণয় করা হয়, সেইরূপ বিভিন্ন প্রকার পরীক্ষার মধ্য দিয়ে ও পরীক্ষার ফলাফল লক্ষ্য করে রেজিষ্ট্যান্স কাপলিংএর রেজিষ্ট্যান্স ও কনডেন্সার নিয়ে মান নির্ণয় করা উচিত। তবে পরীক্ষার সুবিধার জন্য টিউব প্রস্তুত কারকের দেওয়া ডেটা থেকে নেওয়া চলে।

যে সকল পরিমাপের রেজিষ্ট্যান্স ও কনডেন্সার নিয়ে সাধারণতঃ পরীক্ষামূলক কাজ চালান হয় তাদের মান নিম্নে দেওয়া হলে ঃ—

রেজিষ্ট্যান্স কাপলিং এ ব্যবহৃত কনডেন্সারের পরিমাণ সাধারণতঃ '০১ থেকে '১ মাইক্রোফরাড হয়ে থাকে। R_2 রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ বেশী রকম পরিবর্ত্তিত হয়ে থাকে, কারণ এরা টিউবের প্লেট রেজিষ্ট্যান্সের উপর নির্ভর করে। তবে সাধারণতঃ লো-এ্যাম্‌প্লিফিকেশন ট্রায়োডের জন্য এর মান ৩০,০০০ থেকে ১০০,০০০ পর্য্যন্ত ও হাই-মিউ টিউবের জন্য এর মান ১০০,০০০ থেকে ৫০০,০০০ পর্য্যন্ত হয়ে থাকে। আর R_3 অনেক সময় ব্যবহৃত টিউবের উপর নির্ভর করে। আবার R_2 এবং কনডেন্সারের উপরও নির্ভর করে। এর বেলায়ও

১৭০নং চিত্র—ইম্পিডেন্স কাপলিং সার্কিট।

লো-এ্যাম্‌প্লিফিকেশন টিউবের জন্য ৫০০,০০০ ওমস্‌ থেকে ২০,০০,০০০ ওমস্‌ (২ মেগ ওমস্‌) ও হাই-মিউ টিউবের জন্য কিছুটা কম পরিমাপের হয়ে থাকে।

ইম্পিডেন্স কাপলিং—ইম্পিডেন্স কাপলিং সম্বন্ধে বিশেষ কিছু বলবার নাই; কারণ, এর কার্য্যকারিতা রেজিষ্ট্যান্স কাপলিংএর অনুরূপ। তবে তাদের মধ্যে পার্থক্য হচ্ছে এই যে, রেজিষ্ট্যান্স কাপলিংএর বেলায় প্লেট সার্কিটে যেমন রেজিষ্ট্যান্স লাগান হয়, ইম্পিডেন্স কাপলিংএর বেলায় প্লেট

সার্কিটে থাকে, বিভিন্ন স্তর বিশিষ্ট "আয়রণ কোরের (Laminated iron core) উপর কয়েক হাজার পাক্ জড়ান এক প্রকার কয়েল।

১৭৫নং চিত্রে ইম্পিডেন্স কাপলিংকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব, z_1 z_2 ইম্পিডেন্স দুইটি হচ্ছে পূর্ব্বে বর্ণিত কয়েল। তবে এর স্থলে এ-এফ, ট্রান্সফরমারের সেকেণ্ডারীকে বাদ দিয়ে কেবল প্রাইমারীকেই ইম্পিডেন্স কাপলিং হিসাবে ব্যবহার করা যায়। তবে এই প্রসঙ্গে একটি কথা বলে রাখি যে, এই ইম্পিডেন্স কাপলিংএ ব্যবহৃত ইম্পিডেন্স কয়েলের ইনডাক্টেন্স সাধারণতঃ ১০০ হেন্‌রী হয়ে থাকে। আর ইম্পিডেন্স কাপলিংএর সুবিধা হচ্ছে এই যে, এর রিপ্রোডাক্সান রেজিষ্ট্যান্সের চেয়ে খুব ভাল হয় অর্থাৎ এই কাপলিং ব্যবস্থায় ডিসটরশন খুব কম হয়। এই হলো ইম্পিডেন্স কাপলিংএর মোটামুটি বিবরণ।

Test Questions

1. *What is meant by amplification ?*
2. *Name the two types of amplification.*
3. *Define amplifier.*
4. *Name the different classes of amplifier.*
5. *On what portion of the characteristic curve does a class A-amplifier tube operate.*
6. *Is greater power out-put obtained when two amplifier tubes are connected in push-pull ?*
7. *For the explanation of push-pull circuit given you in class B-amplification, state briefly how it works ?*
8. *Name the three methodes of coupling one stage with another.*
9. *What is the advantage of resistance coupling. Why a large value of coupling-condenser in a resistance coupled stage cannot be used if high amplification is desired ?*
10. *Explain, with the aid of a diagram, the operation of the resistance coupling a-f amplifier.*
11. *What advantage does the impedance coupling possess over the resistance coupled type ?*

দশম অধ্যায়

লাউড স্পিকার

(Loud Speaker)

স্পিকার হচ্ছে, রেডিও রিসিভারের সর্ব্বশেষ ইউনিট। রিসিভারের এই ইউনিটকে অনেক সময় এই ভাবে লেখা হয়ে থাকে, **লাউড-স্পিকার**। আর সহজ ভাবে স্পিকারও বলা চলে। স্পিকারের কাজই হচ্ছে এ্যামপ্লিফায়ার থেকে অডিও পালসেশনকে গ্রহণ করা ও তাকে শব্দে রূপান্তরিত করা, তাই পূর্ব্বেই বলেছি, রেডিও রিসিভারের স্পিকার সমস্যা হচ্ছে সর্ব্বশেষ সমস্যা। কারণ, ব্রডকাষ্টিং ষ্টেশনে অবস্থিত মাইক্রোফোনের যেরূপ ভাইব্রেশনকে ট্রান্সমিটার থেকে ইলেক্‌ট্রোম্যাগনেটিক্ ওয়েভসের সাহায্যে ঈথারের মধ্য দিয়ে প্রেরণ করা হয়। এই ভাইব্রেশন রেডিও রিসিভারের এরিয়ালে এসে উপস্থিত হয় এবং পরে রিসিভার দ্বারা এ্যাম-প্লিফাই হয়। মাইক্রোফোনের সেই অনুরূপ ভাইব্রেশনকে শব্দে রিপ্রোডিউস (রূপান্তর) করে রিসিভারের সর্ব্বশেষ সমস্যাকে সমাধান করে বোলেই স্পিকারকে অনেক সময় **রিপ্রোডিউসার** বলা হয়।

তাহলে দেখা যাচ্ছে, স্পিকারের কার্য্য ঠিক মাইক্রো-ফোনের বিপরীত। কারণ, মাইক্রোফোন তার সম্মুখস্থ শব্দ তরঙ্গকে গ্রহণ করে ও ঐ শব্দ তরঙ্গকে পালসেটিং ইলেক্‌ট্রিক কারেণ্টে রূপান্তরিত করে। অপরদিকে স্পিকার ঐ পালসেটিং কারেণ্টকে গ্রহণ করে ও তাকে শব্দতরঙ্গে (সাউণ্ড

ভাইব্রেশনে) রূপান্তরিত করে। তাই এইরূপ রূপান্তরের কাজে স্পিকারকে রিসিভারের একটা গুরুত্বপূর্ণ অংশ গ্রহণ করতে হয় ; কারণ, তার দক্ষতার উপরেই শব্দের গুণ ও স্বর (Quality and Tone) নির্ভর করে। আমি স্পিকারের দক্ষতা বলতে এই বুঝাতে চাই যে, তার নিকট প্রেরিত প্রত্যেকটি ইলেক্‌ট্রিক্যাল পালস্‌কে বা ভাইব্রেশনকে বিশুদ্ধ ভাবে গ্রহণ করতে পারে ও তাদের প্রত্যেকটিকে শব্দে রূপান্তরিত করতে পারে।

আবার শুধু মাত্র স্পিকারের দক্ষতার উপর নির্ভর করলেই শব্দ সংক্রান্ত সমস্ত কিছুরই সমাধান হয় না ; এ্যামপ্লিফায়ারের উপর অনেক কিছু নির্ভর করে। উদাহরণ দিয়ে বুঝালে বিষয়টি আরও পরিস্কার হবে। যেমন ধরা যাক, একটা রিসিভারের এ্যামপ্লিফিকেশন ক্ষমতা হচ্ছে ১০০ ফ্রিকোয়েন্সি থেকে ৪০০০ ফ্রিকোয়েন্সি রেঞ্জ পর্য্যন্ত অর্থাৎ ১০০ থেকে ৪০০০ ফ্রিকোয়েন্সির রেঞ্জ পর্য্যন্ত সে এ্যামপ্লিফাই করতে পারে। কিন্তু সে ক্ষেত্রে তার (এ্যামপ্লিফায়ারের) আউট-পুটে সংযুক্ত স্পিকারের রেঞ্জ যদি হয় ৫০ থেকে ৫০০০ পর্য্যন্ত অর্থাৎ স্পিকারের রূপান্তর-করণ ক্ষমতা যদি ৫০ থেকে ৫০০০ ফ্রিকোয়েন্সি পর্য্যন্ত হয়, তাহলেও এক্ষেত্রে স্পিকারের দক্ষতা ও কার্য্যকারিতা সম্বন্ধে নিঃসন্দেহ হলেও এর রিপ্রোডাকশন্‌ এ্যামপ্লিফায়ার থেকে পাওয়া ফ্রিকোয়েন্সির বেশী হবে না।

পক্ষান্তরে অবস্থা যদি বিপরীত হয় অর্থাৎ এ্যামপ্লিফায়ারের ফ্রিকোয়েন্সি রেঞ্জ ৫০ থেকে ৫০০০ ফ্রিকোয়েন্সি হয় আর স্পিকারের ফ্রিকোয়েন্সি রেঞ্জ ১০০ থেকে ৪০০০ ফ্রিকোয়েন্সি হয়, তাহলে এ্যামপ্লিফিকেশনের ক্ষমতা বেশী হলেও স্পিকারের দক্ষতা কম হওয়ায় রিপ্রোডাক্‌শন্‌ কম হবে।

স্পিকারের শ্রেণী বিভাগ—রেডিও আবিষ্কারের প্রথম দিকেরেডিওর প্রোগ্রাম শোনার একমাত্র যন্ত্র ছিল হেডফোন এবং তার দ্বারা কোন এক বিশেষ ব্যক্তির অর্থাৎ কেবল একটি মাত্র ব্যক্তির দ্বারাই শোনা সম্ভব হত; কিন্তু তার কিছুদিন পরে কোন এক আবিষ্কারক তাঁর বুদ্ধিবলে পূর্ব্বের ঐ হেড-ফোনকে একটি সরু চোঙ্গার মধ্যে রেখে গড়ে তুলেছিলেন এক লাউড-স্পিকার ১৭৬নং চিত্রের ন্যায় এই লাউড-স্পিকারই হল সে সময়ে আবিষ্কৃত সর্ব্বপ্রথম স্পিকার, যার দ্বারা একটি মাত্র রিসিভারের সাহায্যে ঐ রেডিও প্রোগ্রাম এক সঙ্গে অধিক

ব্যক্তির শোনা সম্ভব হয়েছিল। কিন্তু তখনকার দিনে ঐ স্পিকার বৃহৎ আকৃতি এক চোঙ্গা যুক্ত হওয়ায় একই সাথে স্পিকার ও রিসিভারকে কেবিনেটের মধ্যে রাখা সম্ভব হতো না তাই স্পিকারকে রিসিভার থেকে সতন্ত্র রাখা হত। কিন্তু এ সমস্যার সমাধান করল **"কোন্-টাইপ-স্পিকার"** কে বা কার দ্বারা এর আবিষ্কার ঘটে ছিল, তা ঠিক জানা যায় নাই। তবে এটুকু জানা যায় যে আনুমানিক ১৯২৪

সালেই এইরূপ স্পিকারের সাথে আমাদের পরিচয় ঘটেছিল যার ফলে একাধারে রিসিভার ও স্পিকারকে একই কেবিনেটের মধ্যস্থিত করতে ও শব্দের উন্নতি সাধনে সাহায্য করেছিল এবং আমাদের কাছে ম্যাগনেটিক্ টাইপ স্পিকার নামে পরিচিত হয়েছিল। এর ঠিক দুই বা তিন বৎসর পরই আবিষ্কৃত হয়ে ছিল ডাইন্যামিক্ স্পিকার যা আজকাল সচরাচর প্রত্যেকটি রিসিভারের মধ্যে দেখা যায়।

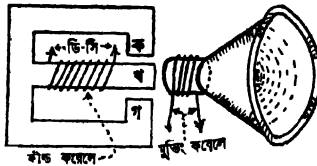
এই ডাইন্যামিক্-স্পিকার আবার দুই ভাগে বিভক্ত যেমন—

১। **ইলেক্‌ট্রো-ডাইন্যামিক্ স্পিকার।**

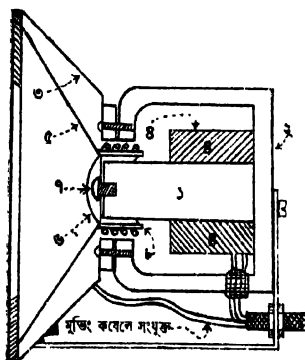
২। **পারমানেণ্ট-ম্যাগনেট-ডাইন্যামিক-স্পিকার।**

তবে উভয়ের মধ্যে তাদের কার্য্যকারিতার কোন পার্থক্য নাই। পার্থক্য কেবল ম্যাগ্‌নেটিক ফিল্ড সৃষ্টির কাজে; যেমন প্রথমটির ম্যাগ্‌নেটিক্ ফিল্ড সৃষ্টি করা হয় ইলেকট্রিক কারেণ্ট প্রবাহ দ্বারা আর দ্বিতীয়টির বেলায় স্থায়ী-চুম্বক বা পারমানেন্ট ম্যাগনেট দ্বারা।

ইলেক্‌ট্রোডাইন্যামিক স্পিকার - ইলেক্‌ট্রোডাইন্যামিক্ স্পিকার সাধারণতঃ তিনটি কারণেই বেশী জন-প্রিয়তা অর্জ্জন করেছে। যেমন প্রথমতঃ ইলেক্‌ট্রোডাইন্যামিক স্পিকার খুব উচ্চ মাত্রায় স্বর সৃষ্টি করতে পারে। দ্বিতীয়তঃ অধিক দিন স্থায়ী হয়। তৃতীয়তঃ এতে খরচও কম পড়ে। ১৭৭নং চিত্রে একটি ইলেক্‌ট্রোডাইন্যামিক্ স্পিকারকে বিভিন্ন ভাগে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। চিত্রে অঙ্কিত E আকৃতি লৌহ-খণ্ডের উপর জড়ান কয়েলকে বলা হয় **ফিল্ড কয়েল** এই ফিল্ড কয়েলের মধ্য দিয়ে ডাইরেক্ট কারেণ্ট প্রবাহের ফলে চিত্রে চিহ্নিত ক-খ ও খ-গএর মধ্যস্থিত ফাঁকটুকুর মধ্যে

ম্যাগনেটিক ফিল্ড সৃষ্টি করাই এই কয়েলের বিশেষত্ব। আর মুভিং কয়েলকে যদিও ফিল্ড কয়েল থেকে একটু দূরে অঙ্কন করা হয়েছে, প্রকৃত পক্ষে মুভিং কয়েলটি E আকৃতি লৌহ খণ্ডের মধ্য দণ্ডটির (১৭৭নং চিত্রের ন্যায়) উপর প্রবিষ্ট করান থাকে এবং মুভিং কয়েল ও মধ্য দণ্ডের মধ্যে ব্যবধান রচনার কাজে একটি মোটা কাপড়ের বা কার্ডবোডের তৈরী স্পাইডার ব্যবহার করা হয়। স্পাইডারটি এমন ভাবে রক্ষিত (adjusted) করে মধ্যদণ্ডটির সাথে স্ক্রু দ্বারা বাঁধা থাকে যার ফলে স্পিকারের পেপার কোনটি কেবল সামনে ও পেছনে নাড়াচাড়া করতে পারে।

১৭৭নং চিত্র—ইলেকট্রোডাইনামিক স্পিকারের সংক্ষিপ্ত চিত্র।

স্পিকারের কার্য্যপ্রণালী অত্যন্ত সহজ। পূর্ব্বে বর্ণিত মধ্য-দণ্ডের উপর জড়ান ফিল্ড কয়েলের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত ডাইরেক্ট কারেন্টের ফলে ১৭৭নং চিত্রে চিহ্নিত ক-খ ও খ-গএর মধ্যস্থিত ফাঁকটুকুর মধ্যে ম্যাগনেটিক্ ফিল্ডের সৃষ্টি হয়। আর মুভিং কয়েলটি ঐ ম্যাগনেটিক্ ফিল্ডের মধ্য স্থলে থাকায় ও এ্যামপ্লিফায়ার টিউবের আউট-পুট থেকে পাওয়া সিগ্‌ন্যাল ভোল্টেজের অনুরূপ অল্টারনেটিং কারেণ্ট, আউট-পুট ট্রান্সফরমার মারফত ঐ মুভিং কয়েলে এসে উপস্থিত হওয়ায় মুভিং কয়েলের মধ্যে এক প্রকার

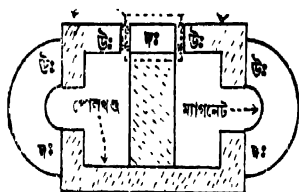
ভেরিয়েশনযুক্ত ম্যাগনেটিক ফিল্ডের সৃষ্টি হয়। ফলে, ঐ উভয় ম্যাগনেটিক্ ফিল্ডের মধ্যে এক প্রকার সংঘর্ষের সৃষ্টি হয়; কারণ, আমরা জানি, চুম্বকের সম-প্রকৃতির মেরু পরস্পরকে বিকর্ষণ করে ও ভিন্ন প্রকৃতির মেরু পরস্পরকে আকর্ষণ করে। তাহলে দেখা যাচ্ছে, ফিল্ড কয়েল থেকে পাওয়া ম্যাগনেটিক্ ফিল্ড ও মুভিং কয়েল থেকে পাওয়া ম্যাগনেটিক্ ফিল্ডের মধ্যে আকর্ষণ ও বিকর্ষণের ফলে

১৭৮নং চিত্র—ইলেকট্রোডাইনামিক স্পিকারের বিভিন্ন অংশ।

মুভিং কয়েলটি একবার সামনে, একবার পিছনে, আবার সামনে—এইভাবে কেবলই দিক পরিবর্ত্তন করতে থাকে। আবার মুভিং কয়েলের সাথে একটি পেপার কোন্ (Cone) সংযুক্ত থাকায় মুভিং কয়েলের ভেরিয়েশন অনুযায়ী কোন্‌টিও অসিলেট করতে (কাঁপতে) থাকবে। ফলে. একপ্রকার অসিলেশনের সৃষ্টি হবে—যে অসিলেশন হলো, এরিয়ালের সিগন্যাল ভাইব্রেশনের অনুরূপ। আর কোন্‌টির এই

অসিলেশনের ফলে তার সম্মুখস্থ বায়ু কম্পিত হয়ে শব্দের সৃষ্টি করবে, কারণ, পূর্ব্বেই বলেছি, বায়ুর মধ্যে কম্পনের সৃষ্টির দ্বারাই শব্দের সৃষ্টি। আবার কোনৃটি যত তাড়াতাড়ি কাঁপতে (ভাইব্রেট করতে) পারবে, শব্দের ফ্রিকোয়েন্সিও তত বেশী বৃদ্ধি পাবে; আবার কোনৃটি সামনে ও পিছনে যত বেশী আগুপিছু করবে, শব্দের এ্যাম্প্লিটিউডও তত বেশী বৃদ্ধি পাবে। এখানে একটি বিষয় বিশেষ ভাবে মনে রাখতে হবে যে, মুভিং কয়েলের সাথে সংযুক্ত পেপার কোনের সম্মুখ ও পশ্চাৎ উভয় দিক থেকেই শব্দ-তরঙ্গের সৃষ্টি হয়।

পারমানেণ্ট - ম্যাগনেট ডাইন্যামিক্ স্পিকার—যে সকল রিসিভারে ফিল্ড সৃষ্টির (Excitation) জন্য পর্য্যাপ্ত পরিমাণে কারেণ্ট সরবরাহের ব্যবস্থা থাকে না, সাধারণতঃ সেই সকল রিসিভারেই পারমানেণ্ট-ম্যাগনেট ডাইন্যামিক্ স্পিকার ব্যবহৃত হয়ে থাকে; যেমন, উদাহরণ স্বরূপ ব্যাটারী রিসিভারের উল্লেখ করা যেতে পারে।

তাহলে সহজেই একথা বলা চলে যে, ইলেক্ট্রো-ডাইন্যামিক্ স্পিকার ও পারমানেণ্ট-ম্যাগনেট ডাইন্যামিক স্পিকারের মধ্যে পার্থক্য কেবল ম্যাগনেটাইজেসনের কাজে। ইলেক্ট্রো ডাইন্যামিক্ স্পিকারের বেলায় যেমন ১৭৭নং চিত্রে অঙ্কিত E আকৃতি লৌহের মধ্য-দণ্ডটি একটি অস্থায়ী চুম্বক (কেবল ফিল্ড কয়েলের মধ্য দিয়ে কারেণ্ট প্রবাহের ফলেই চুম্বকত্ব প্রাপ্ত হয়) হিসাবে ব্যবহার করা হয়েছে। পারমানেণ্ট-ম্যাগনেট ডাইন্যামিক্ স্পিকারের বেলায় মধ্য-দণ্ডটি স্থায়ী-চুম্বক হয়ে থাকে—যার কাজই হল মধ্য দণ্ডটির সাথে সংলগ্ন মুভিং কয়েলের ম্যাগনেটিক্ ফিল্ডের সৃষ্টি করা।

পারমানেণ্ট-ম্যাগনেট ডাইন্যামিক্ স্পিকার বিভিন্ন প্রকারের হয়ে থাকে। প্রস্তুত-কারকেরা বিভিন্ন আকৃতির স্পিকার প্রস্তুত করে থাকে, তাই তাদের প্রত্যেকটির বর্ণনা দেওয়া সম্ভব নয়, তবে তাদের মধ্যে একটিকে ১৭৯নং চিত্রে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। চিত্রে দুইটি ম্যাগনেটকে পোল খণ্ডের উভয় প্রান্তে সংযুক্ত করা হয়েছে। এই পোল খণ্ড বা খণ্ড-দ্বয়ের পর্‌মিয়্যাবিলিটি খুব উচ্চ মাত্রায় হওয়ায় লাইন্স অফ

১৭৯নং চিত্র—পারমানেণ্ট-ম্যাগনেট ডাইন্যামিক স্পিকারের সংক্ষিপ্ত চিত্র।

ফোর্স্‌কে একজায়গায় সংকুচিত করে উত্তর ও দক্ষিণ মেরুর মধ্যস্থিত ম্যাগনেটিক্ ফিল্ডকে শক্তিশালী করে তোলে। আর কোন্-যুক্ত মুভিং কয়েলটি ঐ শক্তিশালী ম্যাগনেটিক্ ফিল্ডের মধ্যস্থলে থাকায় উভয়ের সংঘর্ষের সৃষ্টি হয়; ফলে শব্দের উৎপত্তি হয়। এই হল পারমানেণ্ট-ম্যাগনেট ডাই-ন্যামিক্ স্পিকারের কার্য্যকারিতা।

Test Questions

1. *What is the object of a loudspeaker ?*
2. *What is the other name given to the loudspeaker ? Explain why ?*
3. *Name the two groups into which dynamic speakers are subdivided. What is the difference between them ?*
4. *With the aid of a diagram ; explain, how an electro-dynamic speaker works.*
5. *Why electro magnet type of loudspeaker are preferred then the permanent magnet type ?*
6. *Describe the function of the paper cone used in the loud-speaker.*

একাদশ অধ্যায়

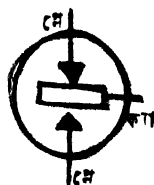
রেডিও সার্কিট অঙ্কনের সাঙ্কেতিক চিহ্ন

(Radio Symbols)

রেডিও টেক্‌নিসিয়ানরা সার্কিট অঙ্কনের জন্য যে সাঙ্কেতিক চিহ্ন ব্যবহার করে থাকেন, তা চীনা হরপের মত এত দুর্ব্বোধ্য যে, এক জন সাধারণ ব্যক্তির পক্ষে তাকে চট করে বুঝে নেওয়া অত্যন্ত দূরূহ। কিন্তু রেডিও টেক্‌নি-সিয়ানদের কাছে এই সাঙ্কেতিক চিহ্ন বিশিষ্ট সার্কিট যাকে টেক্নিকের ভাষায় বলা হয় স্কিমেটিক ডায়গ্রাম যেন গল্পের বই পড়ার মত সহজ ও সরল। তবে তার জন্য তাদের কষ্ট স্বীকার করতে হয়, তাদের শিক্ষার গোড়ার দিকে প্রত্যেকটি চিহ্নের সাথে পৃথক্ পৃথক্ ভাবে পরিচিত হতে হয়। তাই প্রথম শিক্ষার্থীদের এ বিষয়ে উদাসীন হলে চলবে না, শিক্ষার সুরু থেকেই এর প্রতি যত্নবান হতে হবে; কারণ, এর উপরই রেডিও টেক্‌নিসিয়ান হিসাবে তার অভিজ্ঞতা নির্ভর করে অর্থাৎ যে যত বেশী দক্ষতার সাথে এই চিহ্নগুলি পড়ে যেতে পারবেন, তার অভিজ্ঞতা তত বেশী বলে বিবেচিত হবে।

কৃষ্ট্যাল—রেডিও আবিষ্কারের প্রথম দিকে গেলেনা কৃষ্ট্যালকেই ডিটেক্টর হিসাবে কাজ করান হত। আধুনিক যুগের আধুনিক রেডিও ব্যবস্থায় এইরূপ কৃষ্ট্যাল ডিটেক্টরের প্রচলন খুব কম হলেও হেডফোন-যুক্ত ছোট ছোট রিসিভারের প্রয়োগ এখনও দেখতে পাওয়া যায়।

এই ক্রুষ্ট্যাল ডিটেক্টরকে সাধারণতঃ, গেলেনা বা লেড্ অফ্ সালফাইড্ নামক এক প্রকার ধাতু খণ্ড থেকেই প্রস্তুত করা হয়ে থাকে এবং সংযোগ সাধনের জন্য এই ধাতু খণ্ডের গায়ে একটি সরু তারকে অল্প ভাবে স্পর্শ করান হয় : ফলে, কারেণ্ট এর মধ্য দিয়ে প্রবাহের জন্য পথ পায়। আর এই কারেণ্ট সাধারণতঃ একই দিকে প্রবাহিত হয় বলেই ক্রুষ্ট্যাল ডিটেক্টরকে প্রধানতঃ রেক্‌টিফায়ারেরই অপর নাম বলে অভিহিত করা হয়। তাই ১৮০নং চিত্রে অঙ্কিত ক্রুষ্ট্যালের সাঙ্কেতিক চিহ্নকে যে কোন প্রকার কন্‌ট্যাক্ট-টাইপ রেক্‌টিফায়ারের কাজে ব্যবহার

১৮০নং ক্রুষ্ট্যাল ডিটেক্টর।

১৮১নং গ্যাসিয়াস রেকটিফায়ার।

করা হয়। অন্যান্য কন্‌ট্যাক্ট-টাইপ রেক্‌টিফায়ারেরও বিভিন্ন প্রকার নামকরণ আছে, যেমন; "Metallic Rectifiers," "Dry-Rectifiers" ও "Copper Oxide Rectifiers" সাধারণতঃ ডাইনামিক স্পিকারের ফিল্ড-কয়েলে বা পরিমাপক যন্ত্রে (মিটারে) কারেন্ট সরবরাহের জন্য রক্ষিত পাওয়ার সাপ্লাই ইউনিটেই এইরূপ রেক্‌টিফায়ারকে দেখতে পাওয়া যায়।

ডায়োড্ টিউব—ডায়োড টিউব হচ্ছে দুইটি এলিমেণ্ট-যুক্ত টিউব যথা, প্লেট ও ফিলামেণ্ট। এই টিউবের ধর্ম্মই হচ্ছে, এর মধ্য দিয়ে কারেণ্টকে কেবল এক দিকে প্রবাহের জন্য

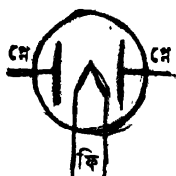
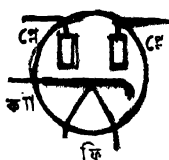
পথ দেওয়া। তাই রেডিও রিসিভারে সাধারণতঃ মেন প্লাগ থেকে পাওয়া অল্টারনেটিং কারেন্টকে, ডাইরেক্ট কারেণ্টে রূপান্তরের কাজে রেক্‌টিফায়ার টিউব হিসাবে ও উভয় তরঙ্গ-জাত রেডিও ওয়েভস্‌কে ডিটেক্‌শনের কাজে ডিটেক্টর হিসাবেই একে ব্যবহার করা হয়ে থাকে।

রেক্‌টিফায়ার টিউব সাধারণতঃ দুই প্রকারের হয়ে থাকে। যেমন প্রথম হচ্ছে, থারমিওনিক্‌ বা ফিলামেন্ট রেক্‌টিফায়ার—যার ফিলামেন্ট অনেকটা পাওয়ার টিউবের ন্যায়। দ্বিতীয়টি হচ্ছে, ১৮১নং চিত্রের ন্যায় গ্যাসিয়াস্‌ রেক্‌টিফায়ার যার মধ্যে ফিলামেন্টই নাই।

১৮২নং ১৮৩নং ১৮৪নং

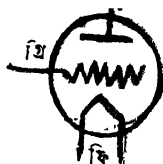
হাফ-ওয়েভ ডায়োড রেকটিফায়ার।

পূর্ব্বেই বলেছি, মাত্র এক দিকে বিদ্যুৎ প্রবাহকে পরিচালনা করার ধর্ম্ম থাকায় ডায়োড টিউবকে রেকটি-ফিকেশনের কাজে ব্যবহার করা হয়। রেক্‌টিফিকেশন অর্থে দিক-পরিবর্ত্তী বিদ্যুৎ-প্রবাহকে একাভিমুখী বিদ্যুৎ প্রবাহে রূপান্তরিত করা বুঝায়। তাই ১৮২, ১৮৩ ও ১৮৪নং চিত্রে অঙ্কিত ডায়োড টিউব যুক্ত রেক্‌টিফায়ার সার্কিটে যে রেক্‌টিফিকেশনকে গ্রহণ করা হয়, তাকে বলা

হয়, হাফ্ ওয়েভ্ রেক্টিফিকেশন বা অর্দ্ধতরঙ্গ সংশোধন। আর এইরূপ টিউবকে বলা হয় হাফ্ ওয়েভ্ রেক্টিফায়ার টিউব। আর একপ্রকারের রেক্টিফিকেশন আছে, যাকে বলা হয় ফুল ওয়েভ রেক্টিফিকেশন বা পূর্ণ-তরঙ্গ-সংশোধন। এক্ষেত্রে ১৮৫, ১৮৬ ও ১৮৭নং চিত্রে অঙ্কিত ডাবল-ডায়েড-যুক্ত টিউবে অর্থাৎ একটি টিউবের মধ্যে রক্ষিত দুইটি প্লেটের সহিত এ-সি সরবরাহের সাথে যুক্ত ট্রান্সফরমারের হাই-টেন্সান সেকেণ্ডারী কয়েলের উভয় প্রান্তই অর্থাৎ পজিটিভ ও নেগেটিভ উভয় তরঙ্গকেই একাভিমুখী বিদ্যুৎ-প্রবাহের রূপান্তরিত করা হয়।

১৮৫নং ১৮৬ন. ১৮৭নং

ফুল-ওয়েভ ডায়োড রেকটিফায়ার।

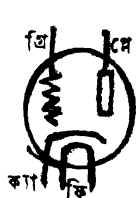
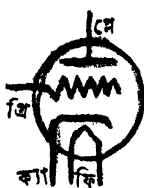
টিউব বা ভ্যালভ সম্বন্ধে আর একটি কথা বলে রাখি যে, এরা প্রধানতঃ দুই প্রকারের হয়ে থাকে। যেমন, হিটার ফিলামেণ্ট টাইপ ও ইলেক্ট্রন এমিটার ক্যাথোড টাইপ। হিটার ফিলামেণ্ট টিউবে ইলেকট্রন নিঃসরণকারী পদার্থকে ফিলামেণ্টের উপরই একটা প্রলেপের মত করে জমিয়ে দেওয়া থাকে। তাই ফিলামেণ্টটি একাধারে উত্তাপ সঞ্চার ও ইলেক্ট্রন নিষ্ক্রামণের কাজ করে। সেই জন্য এইরূপ

টিউবকে বলা হয় ডাইরেক্টলি হিটেড্ টাইপ টিউব। আর ইলেক্‌ট্রন্ এমিটার ক্যাথোড্ টিউবের ক্যাথোডকে, ফিলামেণ্ট থেকে একটু দূরে স্বতন্ত্র ভাবে রাখা হয়। ফলে ফিলামেণ্ট উত্তাপ সঞ্চার করে ও ক্যাথোড্ নিজে ইলেকট্রন্ নিষ্ক্রামনের কাজ করে। তাই এইরূপ টিউবকে ইন্‌ডাইরেক্টলি হিটেড টাইপ বলা হয়। ১৮৪, ও ১৮৬নং চিত্রে ডায়োডের ইন্‌ডাইরেক্টলি হিটেড টাইপ আর ১৮২, ১৮৩, ১৮৫ ও ১৮৭নং চিত্রে ডাইরেক্টলি হিটেড টাইপকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে।

ডাইরেক্টলি হিটেড টাইপ ট্রায়োড।

ট্রায়োড টিউব—ডায়োড টিউবের পরই ১৯০৫ সালে আমেরিকার বৈজ্ঞানিক ডাঃ লি ডি-ফরেষ্ট তিনটি এলিমেণ্ট-যুক্ত টিউব আবিষ্কার করেন এবং আনুমানিক ১৯০৬ থেকে ১৯০৯ সালের মধ্যে তিনি যে টিউবের মাধ্যমে নিজস্ব কণ্ঠস্বর প্রেরণ করে জগতের মধ্যে এক আলোড়নের সৃষ্টি করে ছিলেন সেই টিউবই আমাদের কাছে তিনটি এলিমেণ্ট যুক্ত অডিয়ান টিউব বা ট্রায়োড টিউব নামে পরিচিত।

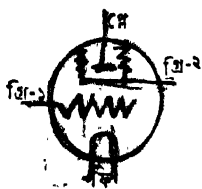
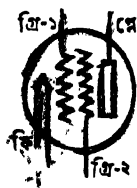
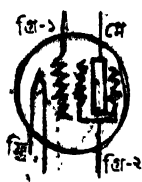
ফিলামেণ্ট প্লেট ও গ্রিড এই তিনটি এলিমেণ্টযুক্ত

বিভিন্ন প্রকারের ট্রায়োড টিউব অঙ্কিত হয়ে থাকে। ১৮৮, ১৮৯ ও ১৯০নং চিত্রে হিটার টাইপ ফিলামেণ্ট অর্থাৎ ডাইরেক্টলি হিটেড্ টাইপ ফিলামেণ্ট-যুক্ত ট্রায়োডের ও ১৯১, ১৯২ ও ১৯৩নং চিত্রে ইন্‌ডাইরেক্টলি হিটেড টাইপ ট্রায়োডের কয়েকটি বিভিন্ন আকৃতিকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে।

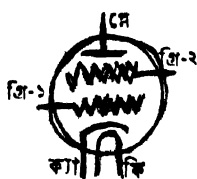
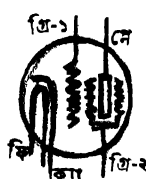
টেট্রোড টিউব—ট্রায়োড টিউবের মধ্যস্থিত গ্রিড্ ও প্লেট সাধারণতঃ মেট্যালিক্ পার্টস বিশেষ। এই গ্রিড ও প্লেট উভয়ে উভয়ের সন্মুখে থাকায় ও তাদের দূরত্বের মধ্যে

ইনডাইরেক্টলি হিটেড টাইপ ট্রায়োড।

ভ্যাকুয়াম্ ডাইলেক্‌ট্রিক্ থাকায় তারা এক প্রকারের কন্‌ডেন্সার হয়ে উঠে এবং তার ক্যাপাসিটি নির্ভর করে এই দুইটি এলিমেন্টের (প্লেট ও গ্রিড) এবং তাদের দূরত্বের উপর। টিউবের এই ইন্‌টারন্যাল ক্যাপাসিটির জন্য কিছু পরিমাণ এনার্জি প্লেট-সার্কিট থেকে গ্রিডের দিকে যেতে পথ পায়। আর তার পরিমাণ যদি কোন এক নির্দ্দিষ্ট পরিমাণের বেশী হয় তাহলেই টিউব অসিলেট করতে থাকে। ফলে, রিপ্রোডাকশন নষ্ট হয়ে যায়। টিউবের এই অসিলেশনকে নষ্ট করবার জন্য টিউব প্রস্তুত-কারকেরা এক নূতন টিউব

আবিষ্কার করলেন—যার এলিমেন্ট হলো চারটি যথা, ফিলামেণ্ট, গ্রিড, প্লেট ও স্ক্রিন্-গ্রিড্ এবং এই টিউবের নাম দিলেন টেট্রোড বা স্ক্রিন্ গ্রিড টিউব। টেট্রোড টিউবের বিভিন্নতার দরুন ১৯৪, ১৯৫ ও ১৯৬নং চিত্রে ডাইরেক্টলি হিটেড্ টাইপকে এবং ১৯৭, ১৯৮ ও ১৯৯নং চিত্রে ইন্‌ডাইরেক্টলি হিটেড্ টাইপকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে।

পেণ্টোড টিউব—সেকেণ্ডারী এমিশন সম্বন্ধে পূর্ব্বে অনেক কিছুই বলেছি। তাই এখানে তার পুনঃ উল্লেখ না করে কেবল এইটুকু বললেই যথেষ্ট হবে যে, ক্যাথোড থেকে নির্গত দ্রুতগতি

ডাইরেক্টলি হিটেড টাইপ টেট্রোড

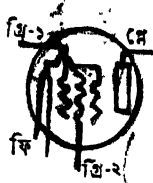
সম্পন্ন ইলেক্‌ট্রন্ যখন প্লেটে এসে আঘাত করে, তখন প্লেটের দেহ থেকে কিছু পরিমাণ ইলেক্‌ট্রন্ স্থানচ্যুত হয়ে পড়ে ও প্লেটের চারিপার্শ্বে নেগেটিভ চার্জযুক্ত মেঘপুঞ্জের সৃষ্টি করে ও ক্যাথোড থেকে প্লেটের দিকে প্রবাহিত ইলেক্‌ট্রনকে বাধা দেয়। সেকেণ্ডারী এমিশনের এইরূপ বিপদ্দজনক কার্য্যকারিতাকে সম্পূর্ণ নষ্ট করবার জন্য প্রস্তুতকারকেরা আর একটি এলিমেণ্ট অর্থাৎ সাপ্রেসার-গ্রিড নামে তৃতীয় গ্রিডের ব্যবস্থা করেন। এই সাপ্রেসার গ্রিডযুক্ত টিউবকে বলা হয় **পেণ্টোড**। ২০০নং চিত্রে

ডাইরেক্টলি হিটেড্ টাইপ পেণ্টোড টিউবকে এবং ২০১ ও ২০২নং চিত্রে ইনডাইরেক্টলি হিটেড টাইপ পেণ্টোডকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। তবে এখানে ২০১ ও ২০৩নং চিত্রে অঙ্কিত টিউব দুইটির মধ্যে পার্থক্য হচ্ছে এই যে, কোন কোনটির বেলায় প্রস্তুতকারকেরা সাপ্রেসার গ্রিডকে গ্রি-৩ নেগেটিভ-পোটেনশিয়ালে রাখার জন্য ক্যাথোডের সাথে যুক্ত করে দেয় আবার কোন কোন টিউবের সাপ্রেসার গ্রিডের জন্য আলাদা পিন ব্যবস্থা করা থাকে। তাই ২০১ ও ২০২নং চিত্রদ্বয়ের পার্থক্য কেবল সাপ্রেসার গ্রিডের সংযোগ ব্যবস্থার মধ্যে।

১৯৭নং ১৯৮নং ১৯৯নং

ইনডাইরেক্টলি হিটেড টাইপ টেট্রোড।

ট্রান্সফরমার—ট্রান্সফরমার সম্বন্ধে পূর্ব্বেই বলেছি যে, এর ধর্ম্মই হলো উভয়ের মধ্যে কোনরূপ তারের সংযোগ না রেখে ম্যাগনেটিক্ ফিল্ডের সাহায্যে এক সার্কিট থেকে পরবর্ত্তী সার্কিটে এনর্জিকে ট্রান্সফার করা। এ বিষয়ে আগে বিশদ ভাবে বর্ণনা করা হয়েছে। তবে এ ক্ষেত্রে কেবল মনে করিয়ে দেওয়া যেতে পারে যে, যখনই একটি ইন্ডাক্টেন্সে অল্টারনেটিং ভোল্টেজ সরবরাহ করা হয় তখনই কয়েলের মধ্য দিয়ে অল্টারনেটিং কারেন্ট প্রবাহিত হয়ে যে ভেরিয়েবল ম্যাগনেটিক্ ফিল্ডের সৃষ্টি হয়,

তার ফলেই ইন্‌ডিউস্‌ড ইলেক্‌ট্রোমোটিভ ফোর্সের উৎপত্তি হয় (e m.f. হচ্ছে applied e.m.f.এর ঠিক বিপরীত)। এখন যদি আর একটি কয়েলকে আগের ঐ ম্যাগনেটিক্ ফিল্ডের কাছে আনা যায় তাহলে ঠিক একই e.m.f. (eletro-motive force) ঐ দ্বিতীয় কয়েলটিতে ইন্‌ডিউস্‌ড্ করবে। ফলে এই ইন্‌ডিউস্‌ড্ e.m.f.ই সেকেণ্ডারীর সাথে যুক্ত যে কোন তার বা রেজিষ্ট্যান্স অথবা অন্যান্য কিছুর মধ্য দিয়ে কারেণ্টকে চাপ দিয়ে প্রবাহিত করার কাজে সাহায্য করে।

উল্লিখিত কয়েল দুইটি একই ম্যাগনেটিক্ ফিল্ডে পাশাপাশি রাখার নামই কাপলিং করা; আর ঐ দুইটি কয়েলের সমন্বয়েই

২০০নং ২০১নং ২০২নং

ডাইরেক্টলি হিটেড টাইপ পেণ্টোড্ ইনডাইরেক্টলি হিটেড টাইপ পেণ্টোড

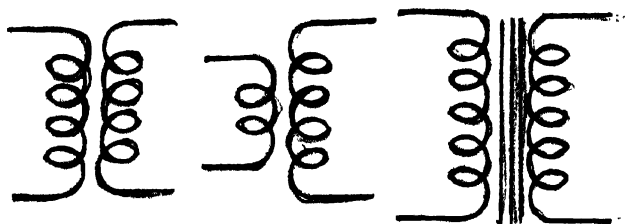
সৃষ্টি হয় ট্রান্সফরমার আর ট্রান্সফরমারের যে কয়েলটি মেন বা সোর্স অব এনার্জির সাথে যুক্ত থাকে তাকে বলা হয় প্রাইমারী কয়েল আর পরবর্ত্তী কয়েলকে বলা হয় সেকেণ্ডারী কয়েল।

এই সেকেণ্ডারী কয়েলের ইন্‌ডিউস্‌ড্ ভোল্টেজকে ইচ্ছামত নিয়ন্ত্রণ করা যায় অর্থাৎ প্রাইমারীর এ্যাপ্লায়েড ভোল্টেজকে যে কোন পরিমাণে নির্দ্দিষ্ট রেখেই সেকেণ্ডারীর

ভোল্টেজকে প্রাইমারী ভোল্টেজের চেয়ে প্রয়োজন মত কম বা বেশী পরিমাণে নিয়ে আসা যায়; তবে এই নিয়ন্ত্রণ ব্যবস্থাটি সম্পূর্ণ রূপে নির্ভর করে প্রাইমারী ও সেকেণ্ডারী কয়েলের টার্ণস্ রেসিওর (Ratio) উপর অর্থাৎ প্রাইমারী ও সেকেণ্ডারীতে কুণ্ডলী আকারে জড়ান পাকের অনুপাতেই এ্যাপ্লায়েড ভোল্টেজ থেকে নিয়ন্ত্রিত ইন্‌ডিউস্‌ড্‌ ভোল্টেজের পরিমাণ নির্ভর করে। উদাহরণ স্বরূপ যেমন ধরা যাক, প্রাইমারীর কুণ্ডলীর পাক সংখ্যা হচ্ছে ৫,০০০ পাক আর সেকেণ্ডারীর পাক সংখ্যা ১০,০০০ পাক এবং প্রাইমারীতে প্রেরিত ভোল্টেজ (এ্যাপ্লায়েড ভোল্টেজ) হচ্ছে ২২০ ভোল্ট।

এই অবস্থায় যদি ধরে নেওয়া যায় যে, প্রত্যেকটি পাকই পরিবর্ত্তনশীল ম্যাগনেটিক ফিল্ড দ্বারা কার্য্যকরী হচ্ছে, তাহলে আমরা দেখতে পাব, সেকেণ্ডারীর ইন্‌ডিউসড্‌ ভোল্টেজ প্রাইমারী ভোল্টেজের ঠিক দ্বিগুণ। এখানে প্রাইমারী ভোল্টেজ ২২০ হওয়ায় সেকেণ্ডারী ভোল্টেজ হবে (২২০×২) ৪৪০ ভোল্ট। আর টার্ণস্ রেসিও হবে ১ : ২ (১ অনুপাত ২) এইরূপ ট্রান্সফরমারকে বলা হয় **ষ্টেপ-আপ-ট্রান্সফরমার**। কিন্তু যদি বিপরীত হয়, অর্থাৎ প্রাইমারীর কুণ্ডলীর সংখ্যা হয় ১০,০০০ পাক আর সেকেণ্ডারীর কুণ্ডলীর সংখ্যা হয় ৫,০০০ পাক তাহলে টার্ণ রেডিও হবে ২ : ১ (২ অনুপাত ১) আর ইন্‌ডিউসড্‌ ভোল্টেজ হবে (২২০÷২) ১১০ ভোল্ট। এইরূপ ট্রান্সফরমারকে বলা হয় **ষ্টেপ-ডাউন-ট্রান্সফরমার**। এই ভাবে টার্ণ রেসিওকে ৫ : ৩, ৩ : ৭ বা ১ : ৩ ইত্যাদি যে কোন অনুপাতে রেখেই ইন্‌ডিউসড্‌ ভোল্টেজকে নিয়ন্ত্রিত করা হয়ে থাকে।

আয়রণ কোর ও এয়ার কোর সম্বন্ধে পূর্ব্বে একবার উল্লেখ করেছি। আয়রণ কোর ও এয়ার কোর হচ্ছে ট্রান্সফরমারের

বিভিন্ন নামকরণ মাত্র। এই বিভিন্ন নাম-জাত ট্রান্সফরমারের পার্থক্য কেবল কোর সমস্যার মধ্যেই সীমাবদ্ধ; কারণ এয়ার কোর ট্রান্সফরমার হচ্ছে ২০৩ ও ২০৪নং চিত্রের ন্যায় দুইটি কয়েল; যা পেপার বা কোন ইন্‌সুলেসনযুক্ত পাইপের উপর জড়ান থাকে। আর তাদের পরস্পর পরস্পরকে পাশাপাশি রেখে কাপলিং সৃষ্টির কাজে দুই রকম পন্থা অবলম্বন করা হয়—যেমন কখনও বা উভয়কে একই লাইনে কেবল ½ ইঞ্চি

২০৩নং ২০৪নং ২০৫নং

এয়ারকোর ট্রান্সফরমার আয়রণকোর ট্রান্সফরমার

বা আরও বেশী ব্যবধানে একটার পর একটা করে সাজিয়ে দেওয়া হয়, আবার কখনওবা কয়েল দুইটিকে একটার উপর আর একটা চাপিয়েই কাপলিং সৃষ্টি করা হয়।

এই সকল ট্রান্সফরমারযুক্ত সার্কিটে কারেণ্টের ফ্রিকো-য়েন্সি খুব গুরুত্ব পূর্ণ অংশ গ্রহণ করে। এইখানে পুনরায় স্মরণ করিয়ে দেওয়া যেতে পারে যে, ফ্রিকোয়েন্সি বলতে বুঝায় এক সেকেণ্ডে কারেণ্ট কতবার তার দিক্ পরিবর্ত্তন করে তার পরিমাণ। আর পালসেটিং কারেণ্টের ফ্রিকোয়েন্সি বলতে

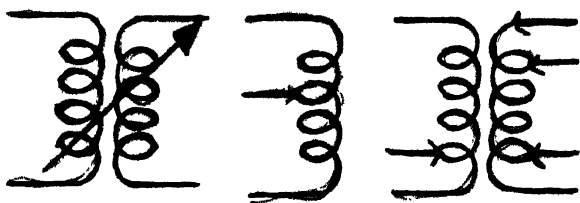
বুঝায়, এক সেকেণ্ডে তার ইনটেনসিটি কতবার পরিবর্ত্তিত হলো তার পরিমাণ। তাই ফ্রিকোয়েন্সি বুঝান হয় সাইক্ল-পার-সেকেণ্ড, এই কথার সাহায্যে।

এখন যদি প্রাইমারীতে ৬০ সাইক্ল কারেণ্ট প্রেরণ করি তাহলে ম্যাগনেটিক ফিল্ডের ভেরিয়েশন ঐ একই লো-ফ্রিকোয়েন্সিতে দিক্ পরিবর্ত্তন করবে। কিন্তু যখন ৬০ কিলোসাইক্ল (৬০,০০০ সাইক্ল) কারেণ্ট সরবরাহ হবে তখন ম্যাগনেটিক ফিল্ড দশ হাজার গুণ বেড়ে যাবে। এ থেকেই বুঝা যায় ফ্রিকোয়েন্সির গুরুত্ব কোথায়।

এইবার প্রসঙ্গ ক্রমেই এসে পড়ে এফিসিয়েন্সি রক্ষার সমস্যা। অর্থাৎ ট্রান্সফরমার যখনই লো-ফ্রিকোয়েন্সি কারেণ্টে অপারেট করে তখন কি ভাবে এয়ার কোর টাইপের এফিসিয়েন্সির উন্নতি করা যায়? এই সমস্যার সমাধান করে আয়রণ কোর ট্রান্সফরমার। অর্থাৎ এফিসিয়েন্সির উন্নতি সাধন করা হয় কেবলমাত্র এয়ার কোরের পরিবর্ত্তে আয়রণ কোরকে ব্যবহার করে। ২০৫নং চিত্রে আয়রণ কোর ট্রান্সফরমারকে অঙ্কন করা হয়েছে। এইরূপ ট্রান্সফরমারের কয়েলগুলি জড়ান থাকে কতকগুলি পাতলা পাতলা লৌহ খণ্ড সমন্বয়ে গঠিত এক প্রকার আয়রণবার-এর উপর।

আয়রণ কোর ও এয়ার কোর ট্রান্সফরমারের ব্যবহার সম্পর্কেও কতকগুলি নির্দ্দিষ্টতা আছে। যেমন আয়রণ কোর ট্রান্সফরমারকে ব্যবহার করা হয় রেডিও রিসিভারের লো-ফ্রিকোয়েন্সির দিকে অর্থাৎ অডিও ফ্রিকোয়েন্সি (a-f) সার্কিটে, এবং এ-সি রিসিভারের পাওয়ার ট্রান্সফরমার হিসাবে। কিন্তু রিসিভারে হাই-ফ্রিকোয়েন্সি সাইডে অর্থাৎ রেডিও ফ্রিকোয়েন্সি (r-f) সার্কিটে সব সময়ই এয়ার কোর ট্রান্সফরমার ব্যবহৃত হয়ে থাকে। কারণ, রেডিও কারেন্টের

ফ্রিকোয়েন্সি অত্যন্ত উচ্চ স্পন্দন জাত; সাধারণতঃ ১০,০০০ থেকে ৬,০০,০০,০০০ সাইক্লস্।

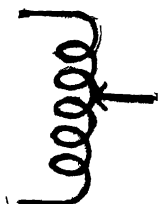
২০৩ ও ২০৪নং চিত্রে অঙ্কিত দুইটি ট্রান্সফরমার ছাড়াও এয়ার কোর ট্রান্সফরমারের আরও কতকগুলি পরিচয় আছে। কারণ উক্ত চিত্রে যে ট্রান্সফরমারকে দেখান হয়েছে তারা কোন এক নির্দ্দিষ্ট মাত্রার কাপলিং বিশিষ্ট, অর্থাৎ তাদের কাপলিংকে কম বেশী করা যায় না। কিন্তু প্রয়োজন মত কম বেশী করা যায় এইরূপ ট্রান্সফরমার অঙ্কন করতে হলে ঐ কয়েল দুইটির মধ্য দিয়ে ২০৬নং চিত্রের ন্যায় একটি তীর

২০৬নং ২০৭নং ২০৮নং

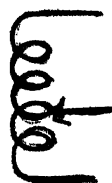
ভেরিয়েবল ক্যাপলিং টাইপ ট্যাপড্ কয়েল টাইপ

চিহ্নকে কোনাকুনি ভাবে অঙ্কন করতে হয়। তাই ট্রান্সফরমারের এইরূপ অবস্থাকে বলা হয় **ভেরিয়েবল কাপলিং**।

যে সকল ট্রান্সফরমারের প্রাইমারী ও সেকেণ্ডারীতে অধিক সংখ্যক পাক থাকে ও তা থেকে প্রয়োজন অনুযার কম বেশী যে কোনও পাক সংখ্যার দরকার হয় সেই সকল ট্রান্সফরমারে ২০৭ ও ২০৮নং চিত্রের ন্যায় ট্যাপিং-এর ব্যবস্থা থাকে। এর ফলে দরকার মত যে কোন টার্ণ থেকে সংযোগ নেওয়া চলে। এইরূপ কয়েলকে বলা হয় ট্যাপ্ড্ কয়েল অনেক সময় দেখা গেছে, কোন কোন টেক্নিসিয়ানরা এরিয়াল

বা রেডিও ফ্রিকোয়েন্সি কাপলিং এর জন্য দুইটি কয়েলকে আলাদা ভাবে না জড়িয়ে ২০৯নং চিত্রের ন্যায় একটি মাত্র কুণ্ডলী করা কয়েলের মধ্য ভাগে ট্যাপিং যুক্ত ট্রান্সফরমার ব্যবহার করেন। এই ট্রান্সফরমারকে বলা হয় **অটো-ট্রান্সফরমার**।

২১০নং চিত্রে একটি সাধারণ এয়ার কোর কয়েলকে দেখান হয়েছে। এই কয়েল সাধারণতঃ রেডিও ফ্রিকোয়েন্সি চোক বা যে কোন হাই- ফ্রিকোয়েন্সি ইম্পিডেন্স হিসাবে

২০৯নং অটো-ট্রান্সফরমার

২১০নং এয়ারকোর কয়েল

২১১নং এড্জাষ্টেবল কয়েল

ব্যবহার করা হয়। ২১১নং চিত্রে একটি তীর চিহ্ন দ্বারা দেখান হয়েছে যে প্রয়োজন হলে কয়েলের ইন্ডাক্ট্যান্সকে কমান বা বাড়ান যায়। তাই এর নাম অ্যাডজাষ্টেবল ইন্ডাক্ট্যান্স কয়েল। কিন্তু ২১২নং চিত্রে কয়েলের মধ্য দিয়ে যে তীর চিহ্ন অঙ্কন করা হয়েছে তার দ্বারা এই বুঝায় যে, কয়েলের উপর একটি পয়েণ্টার রেখে তাকে অনবরত ঘুরিয়ে ঘুরিয়ে কয়েলের ইন্ডাকট্যান্সকে ইচ্ছামত নিয়ন্ত্রণ করা যায়। তাই একে বলা হয় ভেরিয়েবল্ ইন্ডাকট্যান্স।

২১৩নং চিত্রে যে সাঙ্কেতিক চিহ্নটি দেখান হয়েছে তাকে বলা হয় ভেরিও-মিটার। এই ভেরিও-মিটারকে গঠন করা হয় দুইটি কয়েল দ্বারা এবং তাদের মধ্যে একটির হাফটার্ণ

২১২নং ভেরিয়েবল ইন্‌ডাকট্যান্স

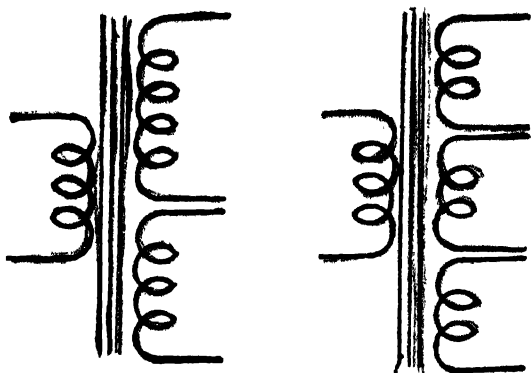
২১৩নং ভেরিও-মিটার

আবার কখনও বা ফুলটার্ণ কেই অপর একটির মধ্যে প্রবিষ্ট করিয়ে এদের ইনডাকট্যান্সকে কম বেশী করা হয়।

২১৪নং ২১৫নং

আয়রণ কোর কয়েল

ট্রান্সফরমারের পরিচয় এই খানেই শেষ নয় কারণ, এয়ার কোর ট্রান্সফরমারের যে সকল বিভিন্নতা দেখান হলো, আয়রণ কোর ট্রান্সফরমারের বেলাও অনুরূপ বিভিন্নতা দেখতে

পাওয়া যায়। যেমন ২১৪ ও ২১৫নং চিত্রে অঙ্কিত আয়রণ কোর কয়েল। এই কয়েলটি ২১০নং চিত্রে অঙ্কিত এয়ার কোর কয়েলের অনুরূপ। তবে এদের মধ্যে পার্থক্য এই যে আয়রণ কোর কয়েলের বেলায় কতকগুলি লম্ব ভাবে অঙ্কিত সরল রেখাকে কয়েলের পাকগুলির মধ্যে বা পাশে অঙ্কন করা

২১৬নং ২১৭নং

পাওয়ার ট্রান্সফরমার

হয়। এইরূপ সাঙ্কেতিক চিহ্নকে বলা হয় অডিও-ফ্রিকোয়েন্সি চোক বা ফিল্টার রিয়্যাক্টর (চোক)।

এ-সি রিসিভারে যে আয়রণ কোর যুক্ত পাওয়ার ট্রান্স-ফরমার ব্যবহৃত হয়, তার সাঙ্কেতিক চিহ্নকে ২১৬ ও ২১৭নং চিত্রে দেখান হয়েছে। তবে এক্ষেত্রে কেবল দুইটি বা তিনটি সেকেণ্ডারী যুক্ত ট্রান্সফরমারকে অঙ্কন করা হয়েছে। কিন্তু এ ছাড়াও বিভিন্ন টিউবে ভিন্ন ভিন্ন ভোল্টেজ ও কারেন্ট সরবরাহের জন্য অনেকগুলি সেকেণ্ডারী যুক্ত কয়েল বা

কয়েলেরম ধ্যে ট্যাপিংএর ব্যবস্থা করে এর প্রয়োজন মিটান হয়।

এরিয়াল—২১৮ ও ২১৯নং চিত্রে দুইটি বিভিন্ন প্রকার এরিয়ালকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। ২১৮নং চিত্রে এরিয়ালের যে চিহ্নটি দেখান হয়েছে সেটা ব্যবহৃত হয় সাধারণতঃ বাড়ীর ছাদে। কিন্তু ২১৯নং চিত্রে যে চিহ্ন অঙ্কন করা হয়েছে তাকে বলা হয় লুপ-এরিয়াল; ইংরাজীতে যাকে বলা হয় লুপ-এ্যান্টেনা এই লুপ-এরিয়াল সাধারণতঃ রিসি-

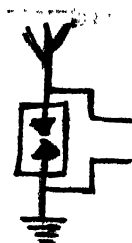
২১৮নং এরিয়াল

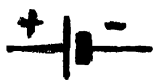
২১৯নং লুপ-এরিয়াল

ভারের পিছন দিকেই সংযুক্ত থাকে। এইরূপ লুপ-এরিয়ালের তারগুলি যে ভাবে কুণ্ডলী করা থাকে ঠিক তার অনুরূপ আকৃতি-কেই তার সাঙ্কেতিক চিহ্নে গ্রহণ করা হয়েছে।

আর্থ—২২০ ও ২২১নং চিত্রে যে দুইটি চিহ্নকে দেখান হয়েছে সেগুলিকে বলা হয় আর্থ কনেকশন (ভূমি-সংযোগ)। রিসিভারের আর্থ কনেকশনকে বুঝাবার জন্য এই দুইটি চিহ্ন ছাড়া আর কোন সাঙ্কেতিক চিহ্ন নাই। রিসিভারের এরিয়াল ও আর্থের মধ্যভাগে যে **লাইটনিং এ্যারেষ্টার** ব্যবহৃত হয় তাকে ২২২নং চিত্রে অঙ্কন করে

দেখান হয়েছে। চিত্র লক্ষ্য করলে সহজেই বুঝা যাবে কি ভাবে এ্যারেষ্টারটি কাজ করে।

ব্যাটারী ঃ—পুস্তকের গোড়ার দিকে ব্যাটারীর আলোচনা প্রসঙ্গে যে সকল চিত্র অঙ্কন করে দেখান হয়েছে ২২৩ ও ২২৪নং চিত্র হচ্ছে তাদেরই সংক্ষিপ্ত আকৃতি। ২২৩নং চিত্রে যে চিহ্নকে দেখান হয়েছে সেটি হলো পূর্ব্বে বর্ণিত ১ ভোল্ট যুক্ত সেল বা সিঙ্গল-সেল। চিত্র লক্ষ্য করলে

দেখতে পাব যে, ব্যাটারী অঙ্কনের জন্য একটি সরু বড় লাইন ও একটি মোটা ছোট লাইনের সাহায্য নেওয়া হয়েছে। এক্ষেত্রে সরু বড় লাইনকে ধরা হয়েছে ব্যাটারীর পজিটিভ দিক হিসাবে ও মোটা লাইনকে ধরা হয়েছে ব্যাটারীর নেগেটিভ দিক হিসাবে এবং তাদের চিহ্নিত করা হয়, যথাক্রমে প্লাস ও মাইনাস্ (+ ও −) চিহ্ন দ্বারা, তাই একটি মোটা ও একটি সরু লাইন দিয়েই এক সেল ব্যাটারী অঙ্কন করা হয়। তবে এই ভাবে অঙ্কিত অনেকগুলি মোটা ও সরু লাইন যুক্ত লাইন

সমষ্টি ব্যাটারীতে ব্যবহৃত সেল সমষ্টিকে বুঝায় না কারণ, ২২৪নং চিত্রে অঙ্কিত চিহ্নটি যে কোন ব্যাটারী হিসাবে ব্যবহৃত হতে পারে ; তা সে ষ্টোরেজ ব্যাটারীই হোক্ বা ড্রাই-সেল ব্যাটারীই হোক্। এই প্রসঙ্গে আর দুইটি চিহ্নের সহিত পরিচয় করিয়ে রাখি যা সচরাচর রেডিও সার্কিটে চোখে পড়ে না; সেই দুইটি হলো যথাক্রমে অল্টারনেটর ও জেনারেটর

২২৩নং সেল ২২৪নং ব্যাটারী

২২৫নং চিত্রে অল্টারনেটরের ও ২২৬নং চিত্রে জেনারেটরের সাঙ্কেতিক চিহ্নকে দেখান হয়েছে।

২২৫নং অল্টারনেটর ২২৬নং জেনারেটর

সংযোগ চিহ্ন :—রেডিও সার্কিটে ব্যবহৃত পার্টস্‌গুলির মধ্যে তার দিয়ে যে সংযোগ সাধন করা হয়, সেই সকল তারগুলিকে অঙ্কন করার জন্য সরু লম্বা লাইনের সাহায্য গ্রহণ করা হয়। কিন্তু এই লাইন অঙ্কনে যে দুইটি গুরুত্ব পূর্ণ সমস্যার সম্মুখীন হতে হয়, সে দুইটি অসংযোগ আর

সংযোগ। অর্থাৎ সার্কিটের যে সকল স্থানে দুইটি তার পরস্পরে মিলিত হয়ে সংযোগ সৃষ্টি করেছে সেই সকল স্থান ও যেখানে উভয়ে মিলিত না হয়ে একটি অপরটির ঘাড়ের উপর দিয়ে চলে গেছে সেই সকল স্থানকে স্পষ্ট ভাবে দেখানই হচ্ছে সার্কিট অঙ্কনের প্রধান সমস্যা। এই সমস্যাকে সমাধান করা হয় যথাক্রমে ২২৭ ও ২২৮নং চিত্রে অঙ্কিত চিহ্ন দ্বারা। ২২৭নং চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব,

২২৭নং তারের সংযোগ

২২৮নং অসংযোগ

যেখানে তার দুইটি সংযোগ ও অসংযোগ পরস্পরে মিলিত হয়েছে সেই স্থানটিতে একটি মোটা বিন্দুর দ্বারা চিহ্নিত

২২৯নং ডবল পোল সুইচ

২৩০নং সিঙ্গল পোল সুইচ

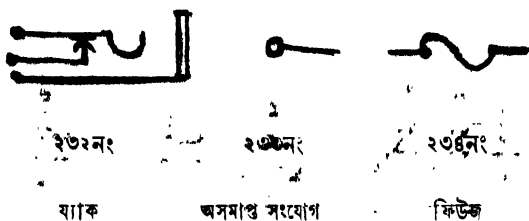
২৩১নং সিঙ্গল পোল ডবল-থ্রো সুইচ

করা হয়েছে কিন্তু ২২৮নং চিত্রের ঐ স্থানের একটি তারকে অর্দ্ধবৃত্তাকারে অপরটির উপর রাখা হয়েছে। এর দ্বারা সহজেই সংযোগ ও অসংযোগের পার্থক্য বুঝা যায়।

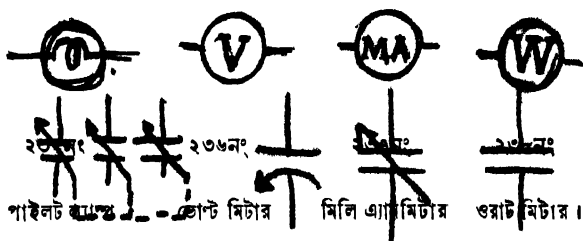
সুইচ-সার্কিটে ওপেন্ আর ক্লোজ (off-on) করার কাজে যে সুইচ ব্যবহৃত হয় তার আকৃতি বিভিন্ন প্রকারের হয়ে

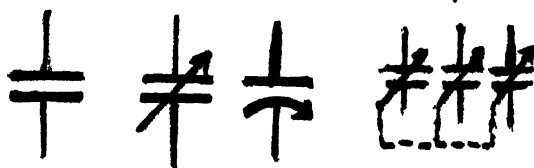
থাকে। তাদের সবগুলিকেই অঙ্কন করে দেখান সম্ভব নয়, তাই এখানে কেবল তিন প্রকার সুইচ্‌কে ২২৯, ২৩০ ও ২৩১নং চিত্রে যথাক্রমে ডবল-পোল সুইচ্, সিঙ্গল-পোল সুইচ্ ও সিঙ্গল-পোল-ডবল থ্রো সুইচ দেখান হয়েছে। আর এক প্রকারের সুইচ্ আছে যার দ্বারা এক সার্কিটকে অপর সার্কিটের সাথে সংযোগ সাধন করা যায়। আবার দুইটি বিভিন্ন পোলারিটির তারকে একটি প্লাগ দ্বারা সংযোগের ব্যবস্থা করা যায়। এইরূপ প্লাগকে বলা হয় **য্যাক্‌**। এই য্যাক্ সাধারণতঃ রিসিভারের ফোনোগ্রাফ এ্যাডাপটার হিসাবে

২৩২নং ২৩৩নং ২৩৪নং

য্যাক অসমাপ্ত সংযোগ ফিউজ

ব্যবহৃত হয়ে থাকে ; যার ফলে, ফোনোগ্রাফ পিকাপকে রিসিভারের অডিও ফ্রিকোয়েন্সি এ্যাম্‌প্লিফায়ারের সাথে যুক্ত করা সম্ভব হয়। ২৩২নং চিত্রে য্যাক্‌কে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। য্যাক্ ছাড়াও সার্কিটে ব্যবহৃত কোন স্থানে অসমাপ্ত সংযোগ বিন্দুকে ২৩৩নং চিত্রের ন্যায় অঙ্কন করা চলে আর সার্কিটে যদি কোন ফিউজ সংযোগের ব্যবস্থা করতে হয়, যার দ্বারা অতিরিক্ত ভোল্টেজ থেকে রিসিভারকে রক্ষা করা হয়, তাহলে ২৩৪নং চিত্রে অঙ্কিত সাঙ্কেতিক চিহ্ন ব্যবহার করা হয়।

পাইলট ল্যাম্প অঙ্কনেব জন্য সার্কিটের যে চিহ্ন ব্যবহার করা হয় তাকে ২৩৫নং চিত্রে দেখান হয়েছে, আর ২৩৬নং চিত্রে ভোল্ট মিটারকে, ২৩৭নং চিত্রে মিলি-এ্যাম্‌মিটারকে ও ২৩৮নং চিত্রে ওয়াট মিটারকে দেখান হয়েছে।

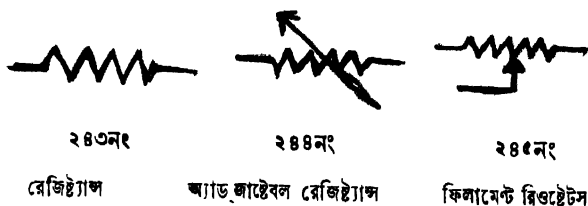
কন্‌ডেন্সারঃ—রেজিষ্ট্যান্স ও কন্‌ডেন্সার সম্বন্ধে পূর্ব্বে বিশদ ভাবে আলোচনা করা হয়েছে এবং তারই সাথে তাদের প্রকৃত আকৃতিকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। কিন্তু সার্কিটে অঙ্কিত চিহ্নের সাথে তাদের প্রকৃত আকৃতিগত পার্থক্য

থাকলেও কার্য্যকারণ পার্থক্যকে সম্পূর্ণ ভাবে রক্ষা করা হয়েছে। ২৩৯নং চিত্রে ফিক্সড্ কন্‌ডেন্সার এবং ২৪০ ও ২৪১নং চিত্রে ভেরিএবল কন্‌ডেন্সারকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। **ভেরিএবল কন্‌ডেন্সারের** আকৃতি **ফিক্সড কন্‌ডেন্সারের** অনুরূপ; তবে ভেরিএবল কন্‌ডেন্সারের বেলায় একটি তীর চিহ্নকে গ্রহণ করা হয়। এর দ্বারা বুঝান হয় যে, কন্‌ডেন্সারের ক্যাপাসিটিকে ইচ্ছা মত নিয়ন্ত্রিত করা যায় অর্থাৎ কম বেশী করা যায়। তাই এর নাম হচ্ছে ভেরিএবল কনডেন্সার। ২৪০নং চিত্র ও ২৪১নং চিত্রের সাথে অঙ্কনের দিক দিয়ে পার্থক্য

থাকলেও তারা উভয়েই এক। ২৪১নং চিত্রের কন্‌ডেন্সারটির নীচের প্লেটটি একটু বেঁকিয়ে আঁকা হয়েছে কারণ, এর দ্বারা বুঝান হয় যে, এটি রোটার প্লেট। কারণ কন্‌ডেন্সারের যে প্লেটটিকে ঘারান হয়, তাকে বলা হয় **রোটার প্লেট**। আর যে প্লেটটি স্থির অবস্থায় থাকে তাকে বলা হয় **ষ্টেটর প্লেট**। ২৪২নং চিত্রে তিনটি ভেরিএবল কন্‌ডেন্সারকে এক জায়গায় করে রাখা হয়েছে। এইরূপ কন্‌ডেন্সার সাধারণতঃ সুপারহেট সেটেই দেখতে পাওয়া যায়। তিনটি কন্‌ডেন্সারকে এক জায়গায় একত্রিত করা থাকে বলেই একে বলা হয় **থ্রি গ্যাং-কন্‌ডেন্সার**।

২৩৯নং ২৪০নং ২৪১নং ২৪২নং

ফিক্সড্ কনডেন্সার ভেরিয়েবল কনডেন্সার থ্রিং-গ্যাং কনডেন্সার

রেজিষ্ট্যান্স—আঁকা বাঁকা লাইনই যে রেজিষ্ট্যান্স অঙ্কনের একমাত্র চিহ্ন, সে কথা সকলেই জানেন, কারণ, বৈদ্যুতিক জগতে এর প্রয়োগ সচরাচর সকল সময়েই চোখে পড়ে। ২৪৩নং চিত্রে অঙ্কিত রেজিষ্ট্যান্স যে কেবল রেডিওর কাজে ব্যবহৃত হয় তা নয়, বৈদ্যুতিক কাজেও এর প্রয়োজন অপরিহার্য্য।

এ পর্য্যন্ত কয়েল, কন্‌ডেন্সার প্রভৃতি ক্ষেত্রে কেবল মাত্র তীর চিহ্নই একমাত্র বলে দেখে এলাম, যার দ্বারা তাদের নিয়ন্ত্রিত অবস্থাকে বুঝায়। তাই ২৪৪নং চিত্রেও তার ব্যতিক্রম হয়নি কারণ, এই রেজিষ্ট্যান্সের দ্বারাও রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ নিয়ন্ত্রিত করা হয়। তাই একে বলা হয় এড্‌জাষ্টেবল রেজিষ্টর।

২৪৩নং রেজিষ্ট্যান্স ২৪৪নং অ্যাড্‌জাষ্টেবল রেজিষ্ট্যান্স ২৪৫নং ফিলামেণ্ট রিওষ্টেটস

২৪৫নং চিত্র পূর্ব্বের চিত্রের অনুরূপ হলেও এর দ্বারা কেবল তীর চিহ্নটি রেজিষ্ট্যান্সের সাথে আল্গা ভাবে লাগান বুঝায়।

২৪৬নং ২৪৭নং

পোটেনশিও মিটার

এইরূপ রেজিষ্ট্যান্স ফিলামেণ্ট রেওষ্টেটস হিসাবে ব্যবহৃত হয়। ২৪৬ ও ২৪৭নং চিত্রে যে রেজিষ্ট্যান্সটি দেখান হয়েছে, তাদের বলা হয় **পোটেনশিওমিটার**।

হেডফোন ও স্পিকারঃ—২৪৮নং চিত্রে হেডফোনকে দেখান হয়েছে। এই হেডফোনই হলো সর্ব্ব প্রথম আবিষ্কৃত

যন্ত্র ; যার দ্বারা ইলেকট্রিক্যাল ইম্পলসকে শব্দে রূপান্তরিত করা সম্ভব হয়েছে। এর গঠন প্রণালী অত্যন্ত সহজ। ২৪৯নং চিত্রে যে চিহ্নটি দেখান হয়েছে সেটি হচ্ছে মাইক্রোফোনের চিহ্ন এই মাইক্রোফোন থেকে পাওয়া কারেন্ট ইম্পলস যখন ঈথার সমুদ্র ভেদ করে রিসিভারের এ্যাম্প্লিফায়ার সার্কিটের আউট-পুটে এসে উপস্থিত হয় তখন হেডফোনের মধ্যে রক্ষিত E আকৃতি লৌহ খণ্ডের গায়ে জড়ান কয়েলের অপর প্রান্ত আউট-পুটে যুক্ত থাকায়, কারেন্ট ইম্পালসের ফলে লৌহ-খণ্ডটি চুম্বকত্ব প্রাপ্ত হয় ; আর তারই উপর আল্গা ভাবে রক্ষিত

২৪৮নং

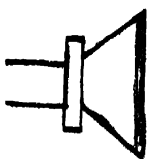
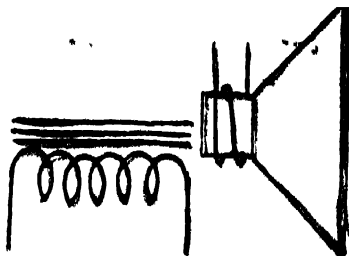
হেডফোন

২৪৯নং

মাইক্রোফোন

লৌহ-পাতটিকে আকর্ষণ করে। এই ভাবে মাইক্রোফোনের ইম্পাল্স কারেন্ট অনুযায়ী লৌহখণ্ডটি চুম্বকত্ব প্রাপ্ত হয় ; আর তার ফলেই লৌহ পাতটি কাঁপতে থাকে। ফলে, তার সম্মুখভাগের বায়ুর মধ্যে আলোড়নের ফলেই শব্দের সৃষ্টি হয়।

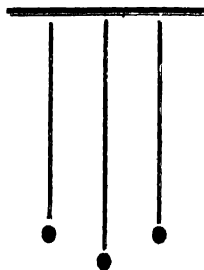
এই ভাবে শব্দকে শুনা সম্ভব হলেও এ কেবল এক জনেরই শ্রবণোপযুক্ত হওয়ায় বৈজ্ঞানিকেরা স্থির থাকতে পারলেন না। তাই তাঁরা এর উন্নতি সাধনে গভীর মননিবেশ করলেন এবং লাউড স্পিকারের সৃষ্টি করলেন, যার দ্বারা এক সঙ্গে অনেক-গুলি লোকের শুনা সম্ভব হল। এই লাউড-স্পিকার সম্বন্ধে পূর্ব্বে আলোচনা করেছি এবং এর প্রকৃত আকৃতিকে দেখিয়েছি।

কিন্তু ২৫০নং ও ২৫১নং চিত্রে স্পিকারের যে চিহ্ন অঙ্কন করেছি, সেটা হল, সার্কিটের জন্য স্পিকার অঙ্কনের সহজ পন্থা। চিত্র দুইটিকে লক্ষ্য করলে দেখতে পাব, উভয়ের মধ্যে অঙ্কনগত পার্থক্য আছে। কারণ পূর্ব্বে স্পিকারের আলোচনা প্রসঙ্গে

২৫০নং পারমানেণ্ট ম্যাগনেট টাইপ

২৫১নং ইলেকট্রো ডাইনামিক টাইপ

বলা হয়েছে যে, স্পিকার সাধারণতঃ দুই ভাগে বিভক্ত ; যেমন পারমানেণ্ট-ম্যাগনেট-ডাইনামিক স্পিকার আর ইলেক্‌ট্রো-ডাইনামিক স্পিকার তাই ২৫০নং চিত্রে পারমানেণ্ট ম্যাগনেট ও ২৫১নং চিত্রে ইলেকট্রো-ডাইনামিক স্পিকারকে দেখান হয়েছে।

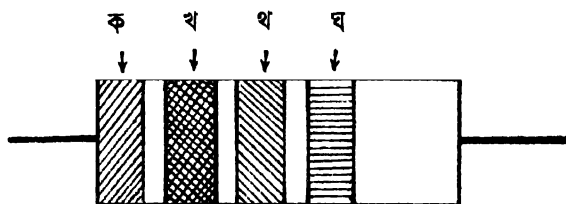
Test Questions

1. *In the symbol of a tube how is the grid represented ?*
2. *What is the meaning of the term "Transformer" ?*
3. *Where are iron-core transformers used ? Where are air-core transformers used ?*
4. *Draw the symbol that is most generally used for the three gang condenser.*
5. *Draw a symbol of battery. Does the number of lines in the symbol of a battery indicate the number of cells in it ?*
6. *In the symbol of resistance how is the potentiometer represented ? The adjustable residance ? The filament rheostate ?*

প্রাক্টিক্যাল শিক্ষা

দ্বাদশ অধ্যায়

কলার কোড

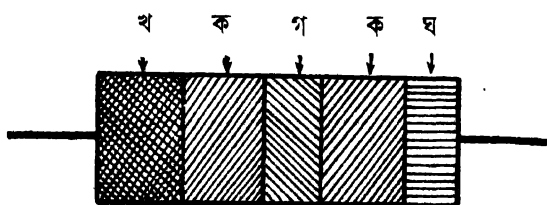
(Colour Code)

হাতে-কলমে শেখার কাজে কলার কোড হচ্ছে, এক মাত্র চাবিকাঠি। কারণ, হাতে কলমে কাজ করতে গেলেই ছোট বড় নানা আকারের রেজিষ্ট্যান্স ও কনডেন্সারের সম্মুখীন হতে হয়; আর তাদের পরিমাণ এত উচ্চ মাত্রায় হয়ে থাকে যে, তাদের প্রত্যেকটি অক্ষরকে ঐ ছোট ছোট আকৃতির রেজিষ্ট্যান্সের গায়ে সুস্পষ্ট ভাবে লিখে দেওয়া সম্ভব নয়। তাই

২৫২নং চিত্র।

প্রস্তুতকারকেরা এক প্রকার কলার কোডের (সাঙ্কেতিক রঙের চিহ্ন) সৃষ্টি করলেন, আর তার নাম দিলেন R. M. A (রেডিও ম্যানুফ্যাকচারার্স এসোশিয়েসন) ষ্ট্যাণ্ডার্ড কলার কোড। তাই বলছিলাম প্রত্যেক শিক্ষার্থীর এই কলার কোডের সাথে খুব গভীর ভাবে পরিচিত হওয়া দরকার। প্রথমেই আসা যাক্ রেজিষ্ট্যান্সে।

কলার কোডের সাহায্যে রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ নির্ণয়ের

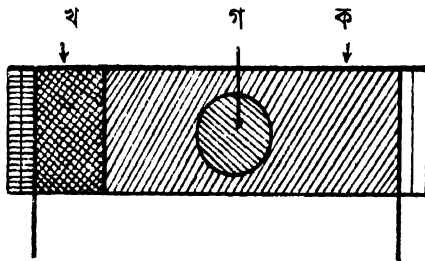
ব্যাপারে সাধারণতঃ তিনটি পদ্ধতিকে গ্রহণ করা হয়ে থাকে। যেমন—

প্রথম হচ্ছে ২৫২নং চিত্রে অঙ্কিত রেজিষ্ট্যান্সের ন্যায় এক পার্শ্বে চিহ্নিত চারিটি রঙের ব্যাণ্ড বিশিষ্ট (Four bands of colour)। এইরূপ রেজিষ্ট্যান্সের গায়ের (body) রঙও রেজিষ্ট্যান্সটির গঠন প্রণালী (constructron) সম্বন্ধে কিছুটা নির্দ্দেশ দেয়। যেমন ঃ—যদি রেজিষ্ট্যান্সের গায়ের রঙ হয় কালো তাহলে বুঝতে হবে, রেজিষ্ট্যান্সটি বিনা ইনস্থলেসন (Non-insulated) পদার্থ দিয়ে তৈরী ; আর যদি গায়ের রঙ হয় সাদা তাহলে বুঝতে হবে রেজিষ্ট্যান্সটি ইনস্থলেটেড পদার্থ দিয়ে তৈরী। আবার চক্‌লেট (Dark-Brown) রঙের

২৫৩নং চিত্র।

হলে বুঝতে হবে রেজিষ্ট্যান্সটি ইনস্থলেসন যুক্ত তার দিয়ে জড়ান (Insulated Wire-wound Resistor)।

দ্বিতীয় হচ্ছে ২৫৩নং চিত্রের ন্যায় তিনটি রঙের ব্যাণ্ড-যুক্ত রেজিষ্ট্যান্স। তিনটি ব্যাণ্ডের মধ্যে দুইটি ব্যাণ্ড থাকে রেজিষ্ট্যান্সটির দুই প্রান্তে ও অপরটি থাকে রেজিষ্ট্যান্সের মধ্যস্থলে অঙ্কিত। এইরূপ রেজিষ্ট্যান্সের গায়ের রঙকে কলার কোডের মধ্যে ধরা হয়।

তৃতীয় হচ্ছে ২৫৪নং চিত্রের ন্যায়। এইরূপ রেজিস্ট্যান্সকে বলা হয়, কার্বন টাইপ রেজিস্ট্যান্স। এদেরও তিনটি রঙের ব্যাণ্ড থাকে। তার মধ্যে একটি হচ্ছে, গায়ের মূল রঙ্ অপরটি রেজিস্ট্যান্সের যে কোনও এক মাথায় চিহ্নিত রঙের ব্যাণ্ড। আর শেষটি হচ্ছে, রেজিস্ট্যান্সটির মাঝামাঝি জায়গায় তৃতীয় রঙের একটি বিন্দু।

এই হলো রেজিস্ট্যান্সের পরিমাণ নির্ণয়ের তিনটি পদ্ধতি ; কিন্তু শুধু মাত্র পদ্ধতিগুলো জানলেই তো আর চলবে না, রঙ সাজানর কৌশলগুলিও জানা দরকার অর্থাৎ কোন রঙ্‌টি প্রথম, কোনটি দ্বিতীয় ও কোনটি তৃতীয়, তা স্থির করবার নিয়মগুলিও জানা দরকার।

২৫৪নং চিত্র।

চিত্রগুলি লক্ষ্য করলে দেখতে পাব, রঙের ব্যাণ্ডগুলিকে নির্দ্দেশ করার জন্য **ক, খ, গ** এবং **ঘ** এই চারটি সংখ্যার সাহায্য নেওয়া হয়েছে। ·তার মধ্যে **'ক'** হচ্ছে রেজিস্ট্যান্সের পরিমাণ নির্ণয়ের প্রথম নির্দ্দেশক, **'খ'** হচ্ছে দ্বিতীয় নির্দ্দেশক, কিন্তু **'গ'** হচ্ছে পরিমাণ নির্ণয়ের তৃতীয় নির্দ্দেশক ; যার পরিমাণ দ্বারা প্রথম দুইটি (ক ও খ) নির্দ্দেশকের পরিমাণ গুণ হয়ে রেজিস্ট্যান্সের সমস্ত পরিমাণকে ওমস হিসাবে নির্দ্দেশ দেয়। আর **'ঘ'** হচ্ছে রেজিস্ট্যান্সের এ্যাকচুয়েল ভ্যালুর

নির্দ্দেশক বা টলারেন্স; যার দ্বারা নির্দ্দেশিত পরিমাণের ভ্যালুর চেয়ে মাপটি কত পারসেণ্ট কম বেশী তাই বুঝায়। আবার কোন কোন রেজিষ্ট্যান্সে (সাধারণতঃ কার্বন রেজিষ্ট্যান্সে) 'ঘ' ব্যাণ্ডটি থাকে না। এই না থাকার অর্থ হচ্ছে, তার টলারেন্স ২০%। তাহলে দেখা গেল, কেবল মাত্র ক, খ, গ, এই তিনটি সংখ্যাই রেজিষ্ট্যান্সের যে কোন পরিমাপের নির্দ্দেশক। তার মধ্যে প্রথম দুটি, সংখ্যা দ্বারা ও তৃতীয়টি শূন্যের দ্বারা প্রকাশ করা হয়। নিম্নলিখিত তালিকাটি লক্ষ্য করলে বিষয়টি আরও পরিষ্কার হবে :—

তালিকা

কলার	১ম সংখ্যা (ক)	২য় সংখ্যা (খ)	গুণক রাশী (গ)	টলারেন্স (ঘ)
রূপালী (Siver)	...	...	০'০১	১০
সোনালী (Gold)	...	...	০'১	৫
কালো (Black)	...	০	১	...
চকলেট (Brown)	১	১	১০	...
লাল (Red)	২	২	১০০	...
কমলা (Orange)	৩	৩	১০০০	...
হলুদ (Yellow)	৪	৪	১০০০০	...
সবুজ (Green)	৫	৫	১০০০০০	...
নীল (Blue)	৬	৬	১০০০০০০	...
বেগুনি (Violet)	৭	৭	১০০০০০০০	...
ধূসর (Grey)	৮	৮	১০০০০০০০০	...
সাদা (White)	৯	৯	১০০০০০০০০০	...

এইবার উদাহরণ দিয়ে বুঝালে বিষয়টি আরও পরিষ্কার হবে। যেমন ধরা যাক্ রেজিষ্ট্যান্সের 'ক' চিহ্নিত ব্যাণ্ডটি হচ্ছে লাল, 'খ' হচ্ছে সবুজ, 'গ' হচ্ছে কমলা আর 'ঘ' হচ্ছে সোনালি। তাহলে রেজিষ্ট্যান্সটির পরিমাণ হবে ২৫,০০০ ওমস্ আর টলারেন্স হিসাবে হবে ২৫,০০০ ওমসের কম বেশী (+ −) ৫% পারসেণ্ট; ২৫,০০০ ওমসের পাঁচ পারসেণ্ট টলারেন্স থাকলে তার পরিমাণ হয় প্রায় ২৩,৭৫০ ওমস্ থেকে ২৬,২৫০ ওমস্ কারণ, ২৫,০০০ ওমসের পাঁচ পার-সেণ্ট হচ্ছে ১,২৫০ ওমস্। কিন্তু যদি 'ঘ' চিহ্নিত ব্যাণ্ডে সোনালীর পরিবর্ত্তে রূপালী রঙ্ থাকে, তাহলে রেজি-ষ্ট্যান্সটির পরিমাণ হবে ২২,৫০০ ওমস্ ও ২৭,৫০০ ওমসের মধ্যে; কারণ, আমরা জানি, ২৫,০০০ ওমসের দশ পারসেণ্ট হয় ২,৫০০ ওমস্। আবার যদি রেজিষ্ট্যান্সের গায়ে কোন টলারেন্স চিহ্ন না থাকে তাহলে রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ হবে ২০,০০০ ওমস্ থেকে ৩০,০০০ ওমসের মধ্যে: কারণ ২৫,০০০ ওমসের কুড়ি পারসেণ্ট হয় ৫,০০০ ওমস্।

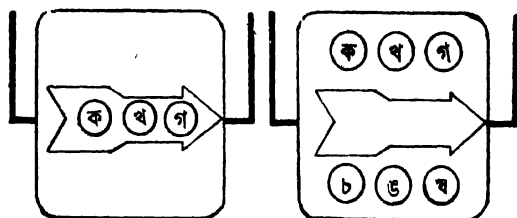
এতো গেল কলার কোডের সাহায্যে রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ নির্ণয়। এইবার আসাযাক্ কনডেন্সারের ব্যাপারে। পেপার টাইপ কনডেন্সারের পরিমাণ নির্ণয়ের জন্য কলার কোডের প্রয়োজন হয় না। তবে একেবারেই যে প্রয়োজন হয় না, এমন কথা বলি না কারণ, টিউব্‌লার পেপার কনডেন্সার নামে এক প্রকার কনডেন্সার আছে, যাতে কলার কোডকে তার পরিমাণ নির্দ্দেশক হিসাবে ব্যবহার করা হয়। তবে এরূপ কনডেন্সার বিশেষ দেখা যায় না বলেই এর বিষয় আর উল্লেখ করলাম না।

কলার কোড যুক্ত যে সকল কনডেন্সার সচরাচর চোখে পড়ে সেগুলি হচ্ছে, মাইকা কনডেন্সার; চ্যাপ্টা—চৌক

আকৃতির এই কনডেন্সারগুলিতেও পরিমাণ নির্ণয়ের ব্যাপারে কলার কোডের দুই রকমের প্রচলন আছে। যেমন—

১। **তিনটি বিন্দু (dot) যুক্ত কন্‌ডেন্সার।**

২। **ছয়টি বিন্দু (dot) যুক্ত কন্‌ডেন্সার।**

২৫৫নং চিত্রের ন্যায় তিনটি বিন্দুযুক্ত কন্‌ডেন্সারের পরিমাণ নির্ণয় অত্যন্ত সহজ। এই বিন্দুগুলির প্রথম, দ্বিতীয় ও তৃতীয়কে নির্দ্দিষ্ট করার জন্য একটি তীর চিহ্ন দেওয়া থাকে যার দ্বারা কোন্‌টি আগে ও কোন্‌টি পরে তা সহজ ভাবেই বুঝা যায়। এই তিনটি বিন্দুই হচ্ছে কলার কোডে ব্যবহৃত ক, খ এবং গ (তিন বিন্দুযুক্ত মাইকা কনডেন্সারে টলারেন্সকে দেখান হয় না বলেই 'ঘ' এর ব্যবহার নাই)। এই তিনটি

২৫৫নং চিত্র। ২৫৬নং চিত্র।

বিন্দুই রেজিষ্ট্যান্সের ন্যায় সংখ্যা ও শূন্য-সংখ্যাগুলির নির্দ্দেশ দেয়। তবে কন্‌ডেন্সারের ক্ষেত্রে ঐ তিনটি বিন্দুর দ্বারা নির্ণিত পরিমাণকে প্রকাশ করা হয় *μμfd* অর্থাৎ মাইক্রো-মাইক্রোফ্যারাড। এক্ষেত্রে মনে করিয়ে দেওয়া যেতে পারে যে, রেজিষ্ট্যান্সের বেলায় তার পরিমাপকে ওমস্‌ কথার সাহায্যে প্রকাশ করা হয়।

এইবার দেখা যাক, যদি 'ক' বিন্দুটি হয় চক্‌লেট, 'খ' বিন্দুটি হয় কালো আর 'গ' বিন্দু হয় চক্‌লেট তাহলে কন্‌-ডেন্সারটির পরিমাপ কত হবে।

(ক) চক্‌লেট—১ (খ) কালো—০ (গ) চক্‌লেট—১ (০)

∴ কনডেন্সারের পরিমাপ=১০০ মাইক্রো-মাইক্রো-ফ্যারাড, অথবা ·০০০১ মাইক্রোফ্যারাড।

২৫৬নং চিত্রে ছয়টি বিন্দুযুক্ত কনডেন্সারকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। চিত্র লক্ষ করলে দেখতে পাব, এখানে ক, খ, গ ও ঘ এই চারটি সংখ্যা ছাড়াও 'ঙ' এবং 'চ' এই দুইটি সংখ্যা বেশী আছে। তাই এইগুলির সাহায্যে কলার কোড দেখে পরিমান নির্দ্দিষ্ট করার ব্যাপারে একটু পার্থক্য আছে। এইরূপ কনডেন্সারের বেলায় ক, খ ও গ এই তিনটি, সংখ্যার নির্দ্দেশক। ঘ বিন্দু হচ্ছে কেবল শূন্যের নির্দ্দেশক। কিন্তু যদি কালো থাকে তাহলে শূন্য নেই বুঝতে হবে। 'ঙ' বিন্দু হচ্ছে টলারেন্সের নির্দ্দেশক অর্থাৎ যদি সোনালী, রূপালী বা চিহ্নহীন হয় তাহলে পূর্ব্বের ন্যায় এখানেও যথাক্রমে ৫%, ১০% ও ২০% এর নির্দ্দেশ দেয়। আর 'চ' বিন্দু হচ্ছে সংখ্যা বা সিগ্‌নিফিকেন্ট ফিগার অনুযায়ী শতক ভোল্টেজের নির্দ্দেকশ। কিন্তু যদি 'চ' বিন্দুতে সোনালী বা রূপালী চিহ্ন থাকে তাহলে যথাক্রমে ১০০০ ও ২০০০ ভোল্ট বুঝায়। আর চিহ্ন হীন হলে ৫০০০ ভোল্ট বুঝায়। এখন ধরা যাক 'ক' বিন্দু হচ্ছে লাল, 'খ' বিন্দু হচ্ছে বেগুনি, 'গ' বিন্দু হচ্ছে সবুজ, 'ঘ' বিন্দু হচ্ছে কালো 'ঙ' বিন্দু হচ্ছে সোনালী আর 'চ' বিন্দু হচ্ছে হলুদ তাহলে সংখ্যাগুলিকে সাজালে হয়ঃ—

ক=২	গ=৫	ঙ=৫%
খ=৭	ঘ=শূন্য নেই	চ=৪০০ ভোল্ট

∴ কনডেন্সারের পরিমাণ=২৭৫ মাঃ মাঃ ফ্যারাড বা ০০০২৭৫ মাঃ ফ্যারাড ৫% টলারেন্স ও ভোল্টেজ রেটিং ৪০০ ভোল্ট।

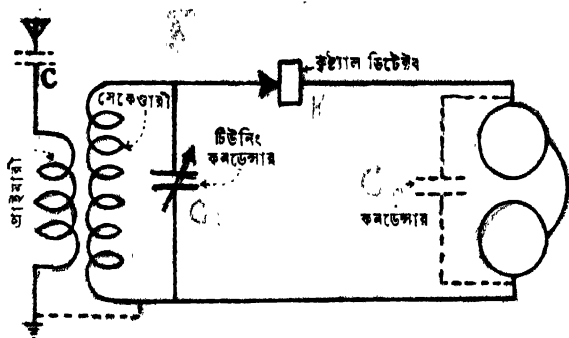
ত্রয়োদশ অধ্যায়

ক্রষ্ট্যাল সেট নির্ম্মাণ প্রণালী

(প্রতিটি ষ্টেজের বিশ্লেষণ ও গঠন কৌশল)

আশা করি, এ পর্য্যন্ত ইলেকট্রিসিটি ও সাউণ্ড এবং কি করে রেডিও সিগন্যাল আকাশ পথে দূরবর্ত্তী গ্রাহক যন্ত্রে পাঠিয়ে দেওয়া হয়, সে সম্বন্ধে একটা মোটামুটি বিবরণ দিতে পেরেছি। এখন কেবল গ্রাহক যন্ত্রের প্রতিটি বিভাগকে পৃথক পৃথক ভাবে উল্লেখ করে হাতে কলমে যন্ত্র নির্ম্মাণের সহজ পদ্ধতিটিই দেখিয়ে দেবার চেষ্টা করবো মাত্র, যার ফলে শিক্ষার্থীরা নিজ নিজ গবেষণাগারে বসে নিজস্ব যন্ত্র পাতির সাহায্যে ঐ যন্ত্র নির্ম্মাণ করে ও তার সার্কিটকে বিভিন্ন ভাবে পরিবর্ত্তন করে যাতে জোর ও ভাল আওয়াজ পাওয়ার জন্য পরিশ্রম করে উচিতমত শিক্ষা লাভ করতে পারেন।

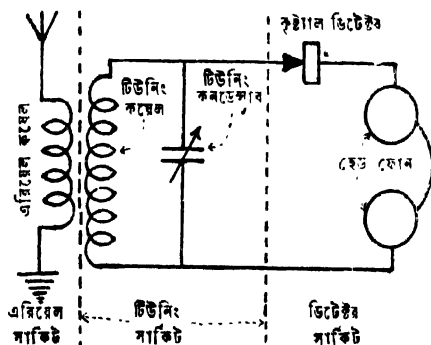
সার্কিটের বিশ্লেষণ:—২৫৭নং চিত্রে একটি ক্রষ্ট্যাল ডিটেক্টরযুক্ত সরল গ্রাহক যন্ত্রকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। যন্ত্রটি অবশ্য অত্যন্ত পুরানো; কারণ আমরা জানি রেডিও ভ্যালভ্ আবিষ্কারের পূর্বে ক্রষ্ট্যালের সাহায্যেই গ্রাহক-যন্ত্র নির্ম্মাণ করা হতো এবং আজও উন্নত ধরণের ক্রষ্ট্যাল যুক্ত এইরূপ যন্ত্র দেখতে পাওয়া যায়। ক্রষ্ট্যালই হচ্ছে, এ যন্ত্রের প্রধান অঙ্গ, কারণ, ক্রষ্ট্যালের কোন বিশেষ ধর্মকে অবলম্বন করেই গ্রাহক-যন্ত্রে রেডিও ওয়েভগুলি শ্রবণোপযোগী করা সম্ভব হয়েছে। পূর্ব্বেই বলেছি যন্ত্রটি অত্যন্ত পুরানো, তাই এই গ্রাহক-যন্ত্র দ্বারা মাত্র ২০ মাইলের মধ্যে অবস্থিত প্রেরক-

যন্ত্র থেকে প্রেরিত রেডিও সিগন্যালগুলি ধরা পড়ে। কিন্তু পুরাণো ও কম শক্তিশালী যন্ত্র হলেও প্রথম শিক্ষার্থীদের পক্ষে প্রথমেই ক্রিষ্ট্যাল দিয়ে সেট তৈরী করে এর কলা-কৌশলগুলি জানবার প্রয়োজন আছে। কারণ, এর এমন কয়েকটি গুণ আছে, যার গুরুত্ব অস্বীকার করলে আরো আধুনিক কাজগুলি বুঝতে তাদের অসুবিধা হবে। আর যন্ত্রটির সম্বন্ধে আমাদের প্রকৃত জ্ঞান থাকাই বাঞ্ছনীয়; কেননা, এই আদি গ্রাহকযন্ত্রের

১৫৭নং চিত্র—একটি ক্রিষ্টাল ডিটেক্টর যুক্ত সরল গ্রাহক যন্ত্রের সহজ চিত্র।
(এর প্রত্যেকটি পার্টস-এর পরিমাণকে যথাস্থানে উল্লেখ করা হয়েছে)

তথ্যগুলি জানাথাকলে পরবর্ত্তীকালে ভ্যালভের সাহায্যে সেট গঠনের কাজও বুঝতে সহজ হবে।

সার্কিটের তিনটি প্রধান ধর্ম্ম:—আমরা জানি, যে কোন একটি সাধারণ রিসিভারকে প্রধানতঃ তিনটি কাজ করতে হয়। প্রথম হচ্ছে, **রিসিভিং** অর্থাৎ বিশদ ভাবে বলতে গেলে বলতে হয়, ঈথারের (শূন্যের) মধ্যদিয়ে প্রবাহিত ইলেক্ট্রো-ম্যাগনেটিক ওয়েভস থেকে ইপ্সিত ম্যাসেজকে রিসিভারে নিয়ে আসা; দ্বিতীয় হচ্ছে, **টিউনিং** অর্থাৎ ঈপ্সিত ম্যাসেজটিকে

নির্ব্বাচন করে নেওয়ার কাজ। আর তৃতীয় ধর্ম্ম, **ডিটেকটিং** বা **ডি-মডিউলেসন** অর্থাৎ মডিউলেটেড রেডিও ওয়েভস বা ঐ ঈপ্সিত ম্যাসেজ থেকে অডিও ওয়েভসকে আলাদা করে নিয়ে তাকে শ্রবনোপযোগী করে তোলার কাজ। তাই এই তিনটি ধর্ম্মকে রক্ষা করেই ২৫৮ নং চিত্রটিকে তিনটি ভাগে ভাগ করা হয়েছে। যথা :—

১। **এরিয়াল সার্কিট।**
২। **টিউনিং সার্কিট।**
৩। **ডিটেক্টর-সার্কিট।**

২৫৮নং চিত্র—কৃষ্টাল ডিটেক্টর সার্কিটের বিভিন্ন কার্য্যকারিতা অনুযায়ী চিত্রটিকে তিন ভাগে ভাগ করা হয়েছে।

চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব এরিয়াল সার্কিটের মধ্যে আছে (১) এরিয়াল (২) লেড্-ইন্-ওয়্যার (৩) এরিয়াল কয়েল (৪) এবং এই সম্পর্কে যেখানে সেখানে ভূমি-সংযোগ (আর্থ) করা প্রয়োজন ও তার ব্যবস্থা।

টিউনিং সার্কিটে আছে দুইটি অংশ, তার একটি হচ্ছে, টিউনিং কয়েল ও অপরটি টিউনিং কন্ডেন্সার। তা ছাড়া কোন কোন ক্ষেত্রে ভাল রিসেপসনের জন্য ভূমি সংযোগের ব্যবস্থা করা হয়ে থাকে। (২৫৭নং চিত্রে ডট্ লাইন দ্বারা দেখান হয়েছে।

ডিটেক্টর সার্কিটের চিত্রে দেখা যাচ্ছে, দুইটি অংশ মাত্র (১) ক্রষ্ট্যাল ডিটেক্টর (২) হেড্‌ফোন।

এই হলো ক্রষ্ট্যাল যন্ত্রে (২৫৭নং চিত্রে অঙ্কিত) ব্যবহৃত অংশ-গুলির পরিচয়। এইবার তাদের প্রত্যেকটির কার্য্যপ্রণালী ও পরবর্ত্তী অংশগুলির সাথে তার সম্পর্ক সম্বন্ধে ব্যাখ্যা করা হবে। কিন্তু ব্যাখ্যা করবার জন্য যে তিনটি বিষয়কে অবলম্বন করা হবে, তাদের পরিচয়গুলি আগে থেকে সংক্ষিপ্ত ভাবে বলে রাখলে পরবর্ত্তী অনুচ্ছেদগুলিতে এ সকলের যে ব্যাখ্যা করা হবে সেগুলি সহজেই বোধগম্য হবে।

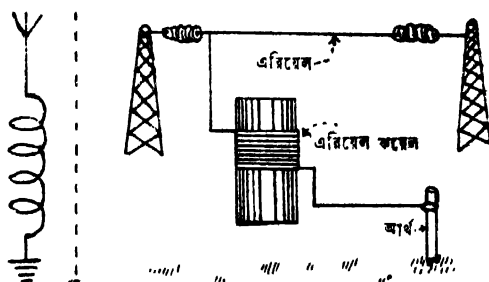
শুধু ক্রষ্ট্যাল সার্কিট বলেই নয়, যে কোন রেডিও সার্কিটের বিশ্লেষণ করতে গেলেই দেখা যায় যে, এ সম্পর্কে তিনটি আবশ্যকীয় বিষয়ে জ্ঞান থাকা প্রয়োজন। সেগুলি হচ্ছে:—

১। এই সার্কিটের কার্য্যকারিতা কি ?

২। এর ভিতরে যে বিভিন্ন অংশগুলি আছে তাদের আকার ও গঠনপ্রণালীর বৈশিষ্ট্য কি ? এবং এরা কি নিয়মে কাজ করে ?

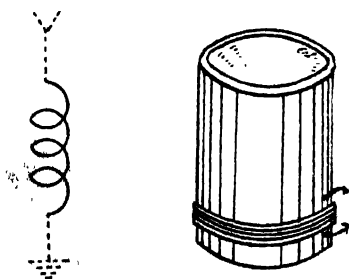
৩। এই সার্কিটের মধ্যে যে কারেণ্ট প্রবাহিত হয়, তার বা তাদের স্বরূপ কি এবং সেই সঙ্গে তাদের মূল বা উৎপত্তি কোথায় ? আর কতটা তাদের ইন্‌টেনসিটি (বেগ)।

এরিয়াল সার্কিট কর্ত্তৃক রেডিও ওয়েভস আহরণ

এরিয়াল ও লেড-ইন্-ওয়্যার :—২৫৯নং চিত্রে যে চিত্রটি দেখান হয়েছে সেটা ২৫৮নং চিত্রে অঙ্কিত এরিয়াল সার্কিটেরই রূপান্তর মাত্র অর্থাৎ ২৫৮নং চিত্রে এরিয়াল সার্কিটের প্রকৃত রূপকে এখানে পৃথক ভাবে দেখান হয়েছে। চিত্রে রেডিও রিসিভারের জন্য যে এরিয়ালকে দেখান হয়েছে, তার মাপ সাধারণতঃ ৩০ থেকে ১০০ ফুটের একটা খোলা তামার তার হয়ে থাকে; এবং লেড-ইন্-ওয়্যার নামক আর একটি তারের সাহায্যে একে এরিয়াল কয়েলের সাথে যুক্ত করে দেওয়া হয়।

২৫৯নং চিত্র—এরিয়াল সার্কিট।

এই এরিয়াল ও লেড্-ইন্-ওয়্যারকে অবশ্য জমি এবং পারি-পার্শ্বিক দ্রব্যাদির মধ্যে যেগুলি রেডিও এনার্জিকে টেনে নিতে পারে যেমন—ইটের ছাদ, অন্য কোন নিকটবর্ত্তী তার ইত্যাদি··· তাদের থেকে ভালভাবে ইনস্যুলেট করে দিতে হয়; কারণ, এরিয়ালের উদ্দেশ্যই হচ্ছে, মিডিয়ামকে এমন ভাবে তৈরী করা, যাতে করে এর মধ্যে রেডিও ওয়েভসের সাহায্যে

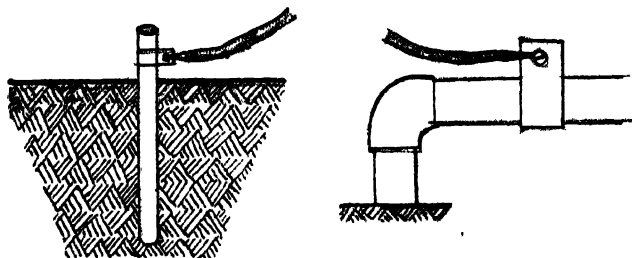
অল্টারনেটিং কারেণ্ট চলাচল করতে পারে। লেড্-ইন্-ওয়ার এই সকল সঙ্কেত বাহী বিদ্যুৎ প্রবাহগুলিকে এরিয়াল কয়েলের মধ্যে বহন করে নিয়ে যায়, তাই লেড্-ইন্-ওয়ার তারটি কেবল এরিয়াল থেকে রিসিভারের মধ্যেই লাগান হয়। কারণ, এরিয়াল কয়েলটি রিসিভারের ভিতর বসান থাকে।

এরিয়াল কয়েলঃ—এই কয়েল হচ্ছে, ইন্সুলেশন যুক্ত একটা ফাঁপা পাইপের (ফরমারের) উপর তামার তার দিয়ে জড়ান একটি এয়ার কোর কয়েল। এই পাইপটি সাধারণতঃ একটি তান্তব (Fibre) বা কার্ডবোর্ডের নল বিশেষ। এর ব্যাস ½ ইঞ্চি থেকে ৩ ইঞ্চি হয়ে থাকে।

২৬০নং চিত্র—এরিয়াল কয়েল।

শিক্ষার্থীদের জন্য ২৫৭নং চিত্রে যে ক্রষ্ট্যাল সেটের চিত্র অঙ্কন করেছি তার এরিয়াল কয়েলের জন্য ২৬০নং চিত্রে যে কয়েলটিকে অঙ্কন করা হয়েছে সেটা হচ্ছে ১½ ইঞ্চি ব্যাস বিশিষ্ট একটি কয়েল ফরমারের উপর ৩২নং এনামেল তারে ২৫ পাক জড়ান একটি এরিয়াল কয়েল। এতে কি ভাবে তারগুলি জড়ান আছে তা চিত্র লক্ষ্য করলেই দেখতে পাওয়া যাবে।

এরিয়ালের সাথে যুক্ত এই তারের পাকগুলির মধ্য দিয়ে

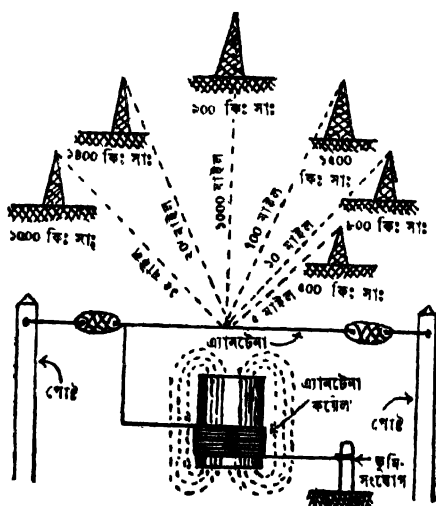
প্রবাহিত সিগ্ন্যাল প্রবাহের সাহায্যে একটা অল্টারনেটিং ম্যাগ্নেটিক ফিল্ড সৃষ্টি করাই এই এরিয়াল কয়েলের কাজ বা উদ্দেশ্য।

ভূমি-সংযোগ—ভূমি-সংযোগ বা আর্থ বলতে বুঝায়, একটা তার দিয়ে এরিয়াল কয়েলের শেষ প্রান্তকে জমির সাথে সংযোগ সাধন করা। তাই ভূমি সংযোগ সাধারণতঃ ভিজে স্যাঁৎ-স্যাঁতে জমিতে একটা লোহার নল বা দণ্ডকে কয়েক ফুট পর্য্যন্ত পুঁতে ২৬১নং চিত্রের ন্যায় একটা তামার পাতকে তার সাথে সংলগ্ন করে রাখা হয়। এ ছাড়া জলের কলের নল থেকেই ভূমি সংযোগ করা হয়। তার কারণ ঐ নল প্রায়

২৬১ ও ২৬২নং চিত্র—আর্থ বা ভূমি সংযোগ।

বহুলাংশে স্যাঁৎ-স্যাঁতে জমির সঙ্গে সংলগ্ন থাকে। জলের পাইপের সাথে কি ভাবে সার্কিটের সঙ্গে ভূমি-সংযোগ করতে হয় তা ২৬২নং চিত্রে দেখান হয়েছে।

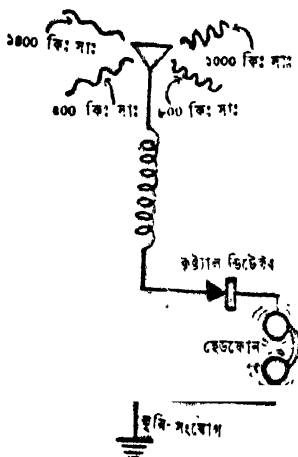
টিউনিং সার্কিট কর্ত্তৃক নির্দ্দিষ্ট সিগন্যালের নির্ব্বাচন

সিগন্যালকে সাউণ্ডে রূপান্তর :—পূর্ব্বেই আমরা দেখেছি যে, পৃথিবীর কোথাও যদি রেডিও ওয়েভসকে চালাবার ব্যবস্থা

করা হয়, তাহলে প্রথমেই সে ট্রান্সমিটার থেকে বেরিয়ে অবিরাম চলতে চলতে দূরে, অতি দূরে শেষ পর্য্যন্ত অনন্তে বিলীন হয়ে যায়। অবশ্য এইভাবে চলতে গিয়ে সকল ওয়েভসই ক্রমশঃ তাদের শক্তি হারায় ও তাদের এ্যাম্প্লিচ্যুডের অপহ্নব ঘটে। কিন্তু তা হলেও ওয়েভসগুলি যত ক্ষুদ্রই হোক

২৬৩নং চিত্রে—দূরবর্ত্তী প্রত্যেকটি ট্রান্সমিটার থেকে প্রেরিত সিগন্যাল এরিয়ালে এসে পড়েছে।

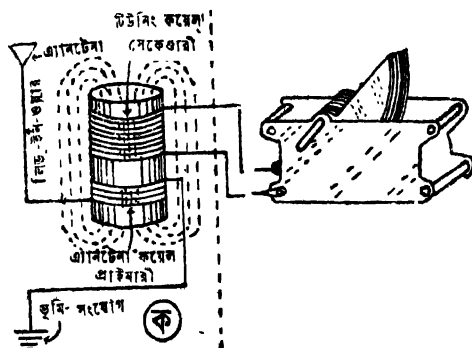
না কেন তাতে কিছু আসে যায় না। এরিয়ালে খুব অল্প শক্তির ওয়েভস পৌঁছিলে কিছু না কিছু কারেণ্ট এরিয়াল সার্কিটে হাজির হবেই। এমন কি সবচেয়ে অনুভূতিশীল রিসিভারেও ধরা যায় না এমন ওয়েভ সকল এরিয়ালে পৌঁছিলে তখনই এরিয়াল সার্কিটে কারেণ্ট উৎপন্ন হয়।

বিষয়টিকে সহজভাবে বুঝাবার জন্য ২৬৩নং চিত্রের সাহায্যে

নেওয়া হয়েছে। চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব, বিভিন্ন দূরত্বে অবস্থিত প্রতিটি ট্রান্সমিটার থেকেই সিগন্যাল আমাদের সরল গ্রাহক যন্ত্রের বা রিসিভারের এরিয়ালে এসে উপস্থিত হচ্ছে। তাদের মধ্যে নিকটবর্ত্তী যে গ্রাহকযন্ত্র দেখা যাচ্ছে তাদের দূরত্ব হচ্ছে মাত্র ৫ মাইল। সবচেয়ে দূরবর্ত্তীটির দূরত্ব হচ্ছে ১000 মাইল। পূর্ব্বেই বলেছি ট্রান্সমিটার যত দূরেই থাকুক না কেন, তা থেকে প্রেরিত যে কোন ওয়েভস রিসিভারে ধরা

২৬৪নং চিত্র—কেবলমাত্র চারিটি সিগন্যাল এরিয়ালে শক্তিশালী প্রবাহের সৃষ্টি করছে।

পড়বেই। তবে দূরত্ব অনুসারে ওয়েভসগুলির এ্যাম্‌প্লিচুডের এমন অবনতি ঘটে যার ফলে নিকটবর্ত্তী ষ্টেশনগুলিই শক্তিশালী বলে বিবেচিত হবে। এক্ষণে আমাদের সরল গ্রাহক যন্ত্রটির কুড়ি মাইলের বেশী দূরবর্ত্তী ট্রান্সমিটার থেকে প্রেরিত সিগন্যাল গ্রহণের ক্ষমতা না থাকায় চিত্রে অঙ্কিত কেবল ৫,১0,১৫ ও ২0 মাইল দূরত্বের ষ্টেশনগুলি থেকে প্রেরিত ওয়েভসগুলিই এরিয়াল সার্কিটে শক্তিশালী প্রবাহ সৃষ্টি করবে।

ফলে, ডিটেক্টর সার্কিটও কেবল ঐ শক্তিশালী ওয়েভসগুলিকে নিয়ে কাজ করবে।

এইবার যদি ২৬৪নং চিত্রের ন্যায় এরিয়াল সার্কিটের সাথে কৃষ্ট্যাল ডিটেক্টর ও হেডফোনটিকে সিরিজে যুক্ত করা হয়, তাহলে নিকটবর্ত্তী ষ্টেশন থেকে আগত শক্তিশালী ওয়েভগুলি ডিটেক্টর সার্কিট দ্বারা কার্য্যকরী (সংশোধিত) হয়ে ও পরে হেডফোনের সাহায্যে শব্দে (সাউণ্ডে) রূপান্তরিত হয়ে শ্রোতাগণের নিকট উপস্থিত হবে। এইভাবে রিসিভারের চারিদিকে কুড়ি মাইলের মধ্যে অবস্থিত

২৬৫নং চিত্র—টিউনিং সার্কিট।

অন্ততঃ চারিটি ব্রডকাষ্টিং ষ্টেশন থেকে প্রেরিত সংবাদ, গীত ইত্যাদি শুনতে পাওয়া যাবে।

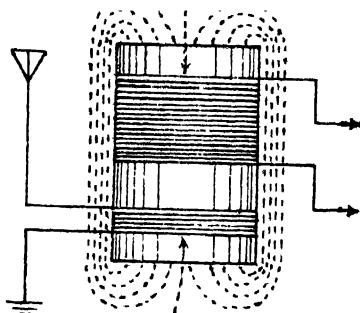
টিউনিং সার্কিটের প্রয়োজনীয়তা—গ্রাহক যন্ত্র সম্বন্ধে আলোচনা এইখানেই শেষ করতে পারতাম, কারণ, ট্রান্সমিটার বা প্রেরক যন্ত্র থেকে প্রেরিত সিগন্যালকে গ্রাহক যন্ত্রের সাহায্যে শব্দে রূপান্তরের যে সমস্যা, তার তো সমাধান হয়ে গেছে। কিন্তু গ্রাহক যন্ত্রের সকল সমস্যার সমাধান হয়নি, এর থেকেও বড় সমস্যা আছে। সেটা হচ্ছে শব্দ পৃথকীকরণ

সমস্যা। কারণ, পূর্ব্বেই বলেছি, আমাদের এই সরল গ্রাহক যন্ত্রটির সিগন্যাল গ্রহণ করবার শক্তি কেবল কুড়ি মাইলের মধ্যেই সীমাবদ্ধ। কাজেকাজেই ঐ কুড়ি মাইলের মধ্যে ৫, ১০, ১৫ ও ২০ এই চারিটি ষ্টেশন থাকায় তাদের প্রত্যেকটি থেকে পৃথক পৃথক ভাবে প্রেরিত গান, বাজনা ও সংবাদগুলি একই সময়ে আমাদের হেডফোনে এসে উপস্থিত হবে এবং এও বলেছি যে নিকটবর্ত্তী সব কয়টি শক্তিশালী সিগন্যালই এরিয়াল সার্কিটে কার্য্যকরী হয়। ফলে প্রোগ্রামগুলি এমন মেশান বা গোলমেলে হয়ে যায়, যার ফলে কেবল চোঁ-চাঁ, কোঁ-কাঁ ছাড়া আর কোন শব্দ শোনা সম্ভব হয় না। তাই এদের প্রত্যেকটিকে পৃথক পৃথক ভাবে শোনার জন্য ২৬৫নং চিত্রের ন্যায় প্রয়োজন হয় টিউনিং সার্কিটের।

টিউনিং সার্কিটের কার্য্যকারিতা—টিউনিং সার্কিটের কাজই হচ্ছে এরিয়াল সার্কিটের ঐ সঙ্কেতবাহী দিক পরিবর্ত্তী প্রবাহগুলির যে কোন একটিকে বেছে নেওয়া এবং সেইটিকেই ডিটেক্টর ও হেডফোন দ্বারা নিয়ন্ত্রিত করে, সেই নির্দ্দিষ্ট শব্দ-তরঙ্গটিকেই আমাদের কানে পৌঁছে দেওয়া। এই ভাবেই টিউনিং সার্কিট আমাদের ইচ্ছানুযায়ী কোন নির্দ্দিষ্ট ট্রান্স-মিটার থেকে প্রেরিত সংবাদ, গান, আবৃত্তি প্রভৃতি শুনতে সাহায্য করে। এইবার দেখা যাক্, টিউনিং সার্কিট কি ভাবে কাজ করে।

২৬৬নং চিত্রে এরিয়াল কয়েল ও টিউনিং কয়েলকে দেখান হয়েছে। চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব এরিয়াল কয়েলের সঙ্গে টিউনিং কয়েলের সাক্ষাৎ সম্বন্ধ নেই। কয়েল দুটি এমন ভাবে বসান হয় যে, এরিয়াল কয়েলের চারিদিকে যদি কোন ম্যাগনেটিক ফিল্ড (চিত্রে ডট-লাইন দ্বারা দেখান

হয়েছে) সৃষ্টি করা হয় তাহলে এই কয়েলটি টিউনিং কয়েলের সাথে সাক্ষাৎ সম্বন্ধে সংস্পর্শ যুক্ত না থাকলেও পরোক্ষ ভাবে এদের মধ্যে বিদ্যুৎ প্রবাহের চলাচল ঘটে। তাই কয়েল দুইটির এইরূপ অবস্থানকে ইংরেজীতে বলা হয় ইনডাক্‌টিভ রিলেস্যানশিপ কারণ, আমরা জানি যে, বিদ্যুৎ সংক্রান্ত ব্যাপারে "ইনডিউস" করা শব্দটির অর্থ হচ্ছে, কোন একটি মধ্যস্থ তারের মধ্য দিয়ে এর চারিদিকে জড়ান কিন্তু সংস্পর্শ যুক্ত

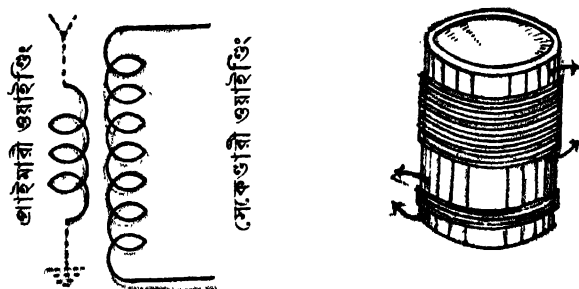
টিউনিং কয়েল

এরিয়াল কয়েল

২৬৬নং চিত্র—টিউনিং কয়েল।

নয় এমন অন্য একটি তারের সাহায্যে বৈদ্যুতিক প্রবাহ চালিত করা। যেখানে কোন দুইটি বৈদ্যুতিক তারের এমন সম্বন্ধ ঘটে সেখানে একটি অপরটির সাথে ইনডাক্‌টিভলি কানেক্‌টেড বা রিলেটেড্ বলা হয়।

বস্তুত এরিয়াল কয়েল ও টিউনিং কয়েল একই কয়েল ফরমারের উপর পাশাপাশি জড়িয়ে কি ভাবে যে একটা রেডিও-ফ্রিকোয়েন্সি ট্রান্সফরমার (r-f ট্রান্সফরমার) গঠন

করা হয় ২৬৭নং চিত্র লক্ষ্য করলে তা বুঝা যাবে। এক্ষেত্রে এরিয়াল কয়েলটি ট্রান্সফরমারের প্রাইমারী ওয়াইণ্ডিং ও টিউনিং কয়েলটি সেকেণ্ডারী ওয়াইণ্ডিং হিসাবে কাজ করে। তাই রেডিও টেকনিসিয়ানরা এই কৌশলটির নাম দিয়েছেন রেডিও ফ্রিকোয়েন্সি ট্রান্সফরমার বা কয়েল (R. F. Transformer or coil)।

এইবার আসা যাক R. F. ট্রান্সফরমারের কার্য্যকারিতার দিকে অর্থাৎ দেখা যাক R. F. ট্রান্সফরমার কি করে সঙ্কেতগুলি নাড়া চাড়া করে। ২৬৮নং চিত্রে রেডিও ওয়েভসের একটি

২৬৭নং চিত্র—রেডিও ফ্রিকোয়েন্সি ট্রান্সফরমার (কয়েল)।

মাত্র সাইক্লকে (পূর্ণ-তরঙ্গকে) ক-খ-গ-ঘ-ঙ-চ-ছ-জ-ঝ এই নয়টি ভাগে বিভক্ত করে প্রত্যেকটি অংশে দেখান হয়েছে যে, যখন কোন রেডিও ওয়েভস্ এরিয়াল সার্কিটের এরিয়ালে এসে পৌঁছায়, তখন এরিয়াল ও টিউনিং কয়েলে ঠিক কিরূপ ঘটে অর্থাৎ নয়টি নির্দ্দিষ্ট বিভিন্ন সময়ে এই কয়েলগুলির অবস্থা কিরূপ হয়, পরবর্ত্তী কয়েকটি অনুচ্ছেদে তারই বিশ্লেষণ করা হবে।

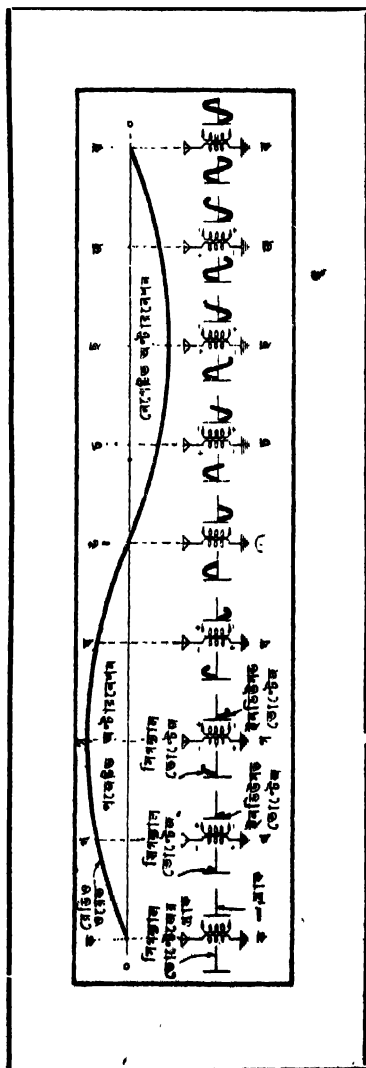
রেডিও ফ্রিকোয়েন্সি কয়েলের বিশ্লেষণ:—২৬৮নং চিত্রের এরিয়ালের "ক" অংশে যখন প্রথম রেডিও ওয়েভস এসে উপস্থিত হয় তখন এরিয়াল সার্কিটে কোন সিগন্যাল ভোল্টে-জের সাড়া পাওয়া যায় না। কারণ ঐ সময়ে ওয়েভসের এ্যাম্প্লিচ্যুড শূন্য (Zero) পরিমাণে থাকে। কাজেকাজেই এরিয়ালেই যখন কোন সিগন্যাল ভোল্টেজের সাড়া পাওয়া যায় না তখন এরিয়াল কয়েলের মধ্যেও কোন সিগন্যাল কারেন্ট প্রবাহিত হয় না। ফলে, এরিয়াল কয়েলের চারিদিকে কোন লাইনস্-অব-ফোর্স সৃষ্টি হয় না। সুতরাং টিউনিং কয়েলের মধ্যেও কোন ইন্‌ডিউসড ভোল্টেজের (Induced e. m. f.) উৎপত্তি হয় না। চিত্রে এরিয়াল কয়েলের বাঁদিকে সিগন্যাল ভোল্টেজ-গ্রাফ ও টিউনিং কয়েলের ডান দিকে ইনডিউসড ভোল্টেজের গ্র্যাফকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে।

"খ" অংশে আগত রেডিও ওয়েভসের এ্যাম্প্লিচ্যুড পজিটিভ দিক গ্রহণ করেছে। পজিটিভ দিকে ওয়েভসের এই এ্যাম্প্লিচ্যুড বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গেই এরিয়ালে সিগন্যাল ভোল্টেজ সৃষ্টি হয়ে এরিয়াল কয়েলের মধ্য দিয়ে সিগন্যাল ভোল্টেজের অনুরূপ কারেন্ট প্রবাহিত হয়ে ম্যাগনেটিক ফিল্ড গড়ে তুলবে। এরিয়াল সার্কিটের (এক্ষেত্রে এরিয়াল কয়েলের) এই ম্যাগনেটিক ফিল্ড মিউচুয়াল ইনডাকশনের সাহায্যে টিউনিং কয়েলে e. m. f. (Electromotive Force) বা ইনডিউসড ভোল্টেজের সৃষ্টি করবে। এরিয়াল সার্কিটের ঐ সিগন্যাল ভোল্টেজকে কার্ভের আকারে এরিয়াল কয়েলের বাঁ দিকের গ্রাফের উপর দেখা যাচ্ছে। আর e.m.f. নামক যে ইনডিউসড ভোল্টেজ টিউনিং কয়েলে জন্ম নিচ্ছে তাকেও এই চিত্রাংশের টিউনিং কয়েলের ডানদিকে দেখা যাচ্ছে। এখানে লক্ষ্য করতে হবে যে, দুটি কয়েলেই

পোলারিটির চিহ্ন যথাক্রমে পজিটিভ (+) ও নেগেটিভ (–) দেওয়া হয়েছে অর্থাৎ এরিয়াল কয়েলের মাথায় ও টিউনিং কয়েলের নীচে নেগেটিভ (–) চিহ্ন এবং এরিয়াল কয়েলের নীচে ও টিউনিং কয়েলের মাথায় পজিটিভ (+) চিহ্ন দেখা যাচ্ছে।

চিত্রের "গ" অংশে রেডিও ওয়েভসের এ্যামপ্লিচ্যুড পজিটিভ অল্টারনেশনের পিক পুয়েণ্টে অর্থাৎ একেবারে উচ্চতম স্থানে উঠেছে। এখানেই পজিটিভ অল্টারনেশনের শেষ-সীমা। এতে এরিয়াল সার্কিটে সিগন্যাল ভোল্টেজের সর্ব্বোচ্চ চাপ সৃষ্টি হচ্ছে পক্ষান্তরে টিউনিং কয়েল অতিক্রম করে তখন সর্ব্বোচ্চ পরিমাণ ইনডিউসড ভোল্টেজ (e.m.f.) সৃষ্টি হচ্ছে কিন্তু বিপরীত মুখে। কারণ, সকল ট্রান্সফরমারের বেলায়ই দেখা যায় যে সেকেণ্ডারীর ইন্‌ডিউসড ভোল্টেজ প্রাইমারীর ভোল্টেজের ঠিক বিপরীত মেরু বিশিষ্ট হয়। কাজেকাজেই প্রাইমারী সার্কিটে (এরিয়াল সার্কিটে) যখন সিগন্যাল ভোল্টেজের পজিটিভ অল্টারনেশন থাকবে তখন সেকেণ্ডারী সার্কিটে (টিউনিং সার্কিটে) নেগেটিভ অল্টার-নেশন জন্ম নেবে।

"ঘ" অংশে আগত রেডিও ওয়েভসের এ্যাম্‌প্লিচ্যুড কমে আসছে, ফলে একই সঙ্গে এরিয়াল ও টিউনিং কয়েল উভয়েরই ভোল্টেজের পরিমাণ কমে যাচ্ছে। কয়েল দুইটির পাশের গ্রাফদ্বয়কে লক্ষ্য করলে তা বুঝতে পারা যাবে।

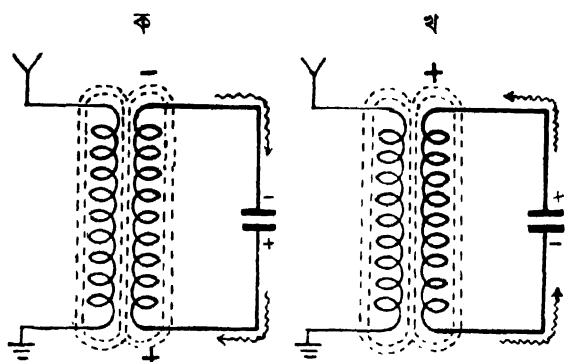
"ঙ" অংশের রেডিও ওয়েভসের এ্যামপ্লিচ্যুড শূন্য স্থানে এসে পৌঁচেছে। এখান থেকে ফ্রিকোয়েন্সির নেগেটিভ অল্টারনেশন আরম্ভ হচ্ছে। টিউনিং কয়েলের উপর যে ইন্‌-ডিউসড ভোল্টেজ সৃষ্টি হয়েছে তাও এখন গ্রাফের শূন্য স্থানে এসে হাজির হয়েছে। এইভাবে দেখা যাবে যে রেডিও ওয়েভ-

২৬৮ নং চিত্র—এখানে রেডিও ওয়েভসের একটি মাত্র সাইক্লসকে ক-খ-গ-ঘ-ঙ-চ-ছ-জ-ঝ এই নয়টি ভাগে বিভক্ত করে প্রত্যেকটি অংশের ফলে রেডিও ফ্রিকোয়েন্সি কয়েল বা ট্রান্সফরমারের কার্য্যকারিতাকে দেখান হয়েছে, অর্থাৎ সাইক্লসের নয়টি নির্দ্দিষ্ট বিভিন্ন সময়ে এরিয়াল ও টিউনিং কয়েলে সিগন্যালের ঠিক কিরূপ অবস্থা ঘটে তাকেই এই চিত্রে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে।

সের সে পজিটিভ অল্টারনেশনের এইমাত্র পরিসমাপ্তি ঘটল তাতে এরিয়াল সার্কিটে সিগন্যাল ভোল্টেজের মাত্র একটি অল্টারনেশন ঘটিয়েছে, তার ফলে সেকেণ্ডারী বা টিউনিং কয়েলের ইনডিউসড ভোল্টেজেরও একটি পর্য্যায়ের অল্টারনেশন্ (এক্ষেত্রে পজিটিভ অল্টারনেশন) শেষ হল।

"চ" অংশে পূর্ব্বোক্ত রেডিও ওয়েভসের নেগেটিভ অল্টারনেশনে এ্যামপ্লিচ্যুড গড়ে উঠতে স্নুরু করেছে। এখন থেকে পুনরায় যে বৈদ্যুতিক ক্রিয়া (Electrical action) ঘটবে তা খ-গ-ঘ স্থানেরই অনুরূপ, কেবল পার্থক্য এই যে এক্ষেত্রে পোলারিটি বিপরীত ধর্ম্মী হবে, অর্থাৎ এরিয়াল সার্কিটে সিগন্যাল ভোল্টেজ সৃষ্টি হলে এরিয়াল কয়েলের উপর দিকে পজিটিভ চিহ্ন ও নীচের দিকে নেগেটিভ চিহ্ন এবং টিউনিং কয়েলের পোলারিটিদ্বয়ও ঠিক বিপরীত ধর্ম্মী হবে।

"ছ" অংশে রেডিও ওয়েভসের এ্যামপ্লিচ্যুড নেগেটিভ অল্টারনেশনের পীক্ পয়েন্টে অর্থাৎ সর্ব্বোচ্চতায় পৌঁচেছে। এরিয়াল সার্কিটের সিগন্যাল ভোল্টেজ এখন সর্ব্বাপেক্ষা বেশী চাপ সৃষ্টি করবে ফলে ইনডিউসড ভোল্টেজও সর্ব্বোচ্চ পর্য্যায়ে পৌঁছাবে। মোটের উপর দেখা যাচ্ছে যে সমস্ত অবস্থাটা "গ" অংশের ন্যায়। কেবল তফাৎ এই যে, সিগন্যাল ভোল্টেজ ও ইনডিউসড ভোল্টেজের পোলারিটি বিপরীত ধর্ম্ম বিশিষ্ট।

"জ" অংশ পূর্ব্বের "ঘ" অংশের অনুরূপ। এক্ষেত্রেও রেডিও ওয়েভসের নেগেটিভ অল্টারনেশনের এ্যাম্প্লিচ্যুড ক্রমশঃ কমে আসছে, কারণ, এরিয়াল সার্কিটের সিগন্যাল ভোল্টেজ শূন্য স্থানের দিকে এগিয়ে চলেছে ফলে টিউনিং কয়েলের ইনডিউসড ভোল্টেজের অবস্থাও অনুরূপ।

এই চিত্রটি যদি একটি প্রকৃত ওয়ার্কিং সার্কিট হোত তাহলে দেখা যেত যে, রেডিও ওয়েভস পুনরায় পজিটিভ অল্টারনেশন সৃষ্টি করে অন্য একটি নূতন সাইক্ল গড়ে তুলে অনুরূপ ভাবেই এরিয়াল সার্কিটে সিগন্যাল ভোল্টেজ ও টিউনিং কয়েলে ইনডিউসড ভোল্টেজ সৃষ্টি করে 'খ' অংশে যেমন ঘটেছে ঠিক তেমনি ঘট্‌ছে। এইভাবে যতক্ষণ এই সিগন্যাল ভোল্টেজ কোন এরিয়ালে উপস্থিত থাকবে ততক্ষণ টিউনিং সার্কিটেও ওয়েভসের শেষ হবে না, একের পর এক সাইক্ল সৃষ্টি হতে থাকবে।

২৬৯নং চিত্র—কনডেন্সার যুক্ত টিউনিং সার্কিটের কার্য্যকারিতা।

টিউনিং কনডেন্সারের ব্যবহার :—এইভাবে মিউচ্যুয়াল ইন্‌ডাকশনের সাহায্যে সিগন্যাল কারেণ্টগুলি r-f ট্রান্সফরমারের সেকেণ্ডারী ওয়াইণ্ডিং-এর মধ্যে e.m.f. সৃষ্টি করে। কিন্তু এই সেকেণ্ডারী ওয়াইণ্ডিং যদি কোন কিছুর সাথে যুক্ত হয়ে একটা সম্পূর্ণ সার্কিট সৃষ্টি না করে, তাহলে পূর্ব্বোক্ত এ, সি ইন্‌ডিউসড ভোল্টেজ সৃষ্টি হওয়া সত্ত্বেও এর মধ্যে

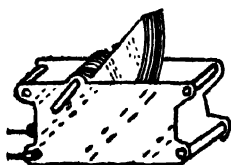
কোন অল্টারনেটিং কারেণ্ট প্রবাহিত হবে না। তাই ২৬৯নং চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব কন্‌ডেন্সারকে এই সার্কিট সৃষ্টির কাজে ব্যবহার করা হয়েছে। কারণ আমরা জানি যখনই কোন কন্‌ডেন্সারকে সেকেণ্ডারী ওয়াইণ্ডিংএর সাথে যুক্ত সার্কিটের মধ্যে রাখা হয় তখনই অল্টারনেটিং কারেণ্ট চলাচলের পথ সৃষ্টি হয়। এক্ষেত্রে আমাদের পূর্ব্বোক্ত ইন্‌ডিউসড্ e.m.f.-টিও দিক পরিবর্ত্তী হওয়ায় ইলেকট্রিক কারেণ্ট সেকেণ্ডারী ওয়াইণ্ডিংএর মধ্য দিয়ে প্রবাহের জন্য পথ পাবে ও কন্‌-ডেন্সারটিকে চার্জযুক্ত করে তুলবে।

চিত্রের (ক) অংশ লক্ষ্য করলে দেখতে পাব যে, সেকে-ণ্ডারী ওয়াইণ্ডিংএর মাথায় নেগেটিভ (—) ও তলায় পজিটিভ (+) চিহ্ন দেওয়া আছে। কারণ ইন্‌ডিউসড্ e.m.f.-এর এইরূপ পোলারিটিতে কনডেন্সারের নিম্নভাগে প্লেট থেকে ইলেকট্রনগুলিকে আকর্ষণ করে এবং উপরের দিকে ঠেলে দেয়। ফলে, উপরের প্লেটে তখন প্রয়োজনের অতিরিক্ত ইলেকট্রন জমা হয় ও নীচের প্লেটে তার সংখ্যাল্পতা দেখা দেয়।

আবার যখন ইনডিউসড্ e.m.f.-এর পোলারিটি বিপরীত হয় অর্থাৎ এরিয়াল কয়েলের ইনডিউসিং কারেণ্টের পোলারিটি যখন তার প্রবাহের দিক পরিবর্ত্তন করে তখন টিউনিং সার্কিটের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহও উল্টা দিক ঘুরে ও কনডেন্সারে বিপরীত চাপ দেয়, কাজেকাজেই উপর দিকের প্লেট হয় পজিটিভ ও নীচের দিকের প্লেট হয় নেগেটিভ, ফলে চিত্রের (খ) অংশে অঙ্কিত চিত্রের তীর চিহ্নিত পথে কারেণ্ট প্রবাহিত হয়।

এইভাবে যতক্ষণ সেকেণ্ডারী ওয়াইণ্ডিংএ এ, সি, e.m.f. উপস্থিত থাকে ততক্ষণ কয়েল ও কন্‌ডেন্সারের মধ্যে এই

প্রবাহের একটা পৌনঃপুনিক ধাক্কা চলতে থাকে। এইরূপে যখনই এরিয়াল সার্কিটে সিগন্যাল কারেণ্টের প্রবাহ সৃষ্টি হয় তখনই টিউনিং সার্কিটে দিক পরিবর্ত্তী বিদ্যুৎ প্রবাহের চলাচল ঘটে।

টিউনিং কনডেন্সার :—চিত্রের (ক) ও (খ) অংশের টিউনিং সার্কিটে ; বুঝবার সুবিধার জন্য যে কনডেন্সার অঙ্কন করা হয়েছে সেটি হচ্ছে ফিক্সড্ কনডেন্সার। কিন্তু এইরূপ কনডেন্সার টিউনিং সার্কিটে ব্যবহৃত হয় না। এক্ষেত্রে ভেরিএবল কন্ডেন্সার ব্যবহৃত হয়, যাতে আমাদের ইচ্ছানুযায়ী

২৭০নং চিত্র ২৭১নং চিত্র

এর ক্যাপাসিটিকে কম বেশী করতে পারি। ২৭০নং চিত্রে ভেরিএবল কনডেন্সারকে ও ২৭১নং চিত্রে তার সিম্বলকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে।

পূর্ব্বেই কন্ডেন্সার অধ্যায়ে বলেছি যে, ভেরিএবল কন্ডেন্সারের শ্যাফ্ট বা দণ্ডটি যখন ঘোরাণ হয় তখন রোটর প্লেটগুলি ষ্টেটর প্লেটগুলির সাথে মিশে যেন একটা জাল (mesh) বোনে। শ্যাফ্টকে যদি ডান দিকে ঘোরান হয় তাহলে জালের মত বোনা জায়গাটা

(mesh or effective area) বেড়ে যায়। আবার বাঁদিকে ঘোরালে ঐ রকমের জায়গাটা কমে যায়। আর পূর্ব্বে এও বলা হয়েছে যে, কোন কনডেন্সারের প্লেটগুলির সমষ্টি-গত কাজের ক্ষেত্রের (Totol effective area) উপর ঐ কনডেন্সারের কাজের ক্ষমতা নির্ভর করে। সুতরাং এটা সুস্পষ্ট যে যখন ঐ রোটর ও ষ্টেটর প্লেটগুলি সম্পূর্ণভাবে মিলে একটা বিস্তৃত জাল বোনে তখন ঐ প্লেটের সমগ্র ক্ষেত্রই কাজের হয় এবং কনডেন্সারের কাজের ক্ষমতাও (ক্যাপাসিটি) তখনই সর্ব্বাপেক্ষা অধিক হয়। আর যখন রোটর ও ষ্টেটর প্লেটের জাল বোনা সম্পূর্ণ হয় না অর্থাৎ তারা একে অপরের শেষ প্রান্ত পর্য্যন্ত পৌঁছিতে পারে না—আংশিক ভাবে তাদের কাজ সমাধা করে তখন ঐ প্লেট-গুলির কাজের ক্ষেত্র (area) স্বল্প পরিসর বিশিষ্ট হয়। ফলে কনডেন্সারের কাজের ক্ষমতাও কমে যায় এবং দুই প্লেটের মধ্যে কোন জালেরই সৃষ্টি হয় না তখন কনডেন্সারের কাজের ক্ষমতাও (ক্যাপাসিটি) সর্ব্বাপেক্ষা কম হয়।

কনডেন্সারের এই শক্তি ধারণের সর্ব্বোচ্চ ক্ষমতা (ম্যাক্সি-মাম ক্যাপাসিটি) অনুযায়ী তার রেট বা হার নির্দ্ধারণ করা হয় এবং এই রেট সাধারণতঃ মাইক্রো মাইক্রোফ্যারাডেই প্রকাশ করার রীতি আছে। আবার এক মাইক্রোফ্যারাডের কম ক্যাপাসিটির কথা বলতে গেলে টেক্‌নিশিয়ানরা সাধারণতঃ তা সংক্ষেপে প্রকাশ করেন। যেমন—কোন কন্-ডেন্সারের ক্যাপাসিটি ·00035 $\mu fd.$ হলে বলা হয় Point Triple 'o' three five বা দশমিক বিন্দু তিন শূন্য তিন পাঁচ। ·001 $\mu fd.$-কে বলা হয় Point double 'o' one বা দশমিক বিন্দু দুই শূন্য এক ইত্যাদি।

বাজারে সাধারণতঃ যে সকল ভেরিএবল কনডেন্সার সবসময়ই পাওয়া যায় তাদের ম্যাক্সিমাম্ ক্যাপাসিটি বা সর্ব্বোচ্চ ক্ষমতা হচ্ছে ·0004, ·00014, ·00025, ·00035, ·0005 ও ·001 মাইক্রোফ্যারাডস্। এদের মধ্যে ·0005 মাইক্রোফ্যারাডের কনডেন্সারই আমাদের দেশে বেশী প্রচলিত, কারণ সাধারণ গ্রাহক যন্ত্র নির্ম্মাণের কাজে বা লোক্যাল ষ্টেশন শোনার জন্য টেক্নিসিয়ান। ·0005 কনডেন্সারটিকেই নির্ব্বাচন করে থাকেন। আর তার ফলে যদি কোন নির্দ্দিষ্ট ফ্রিকোয়েন্সিতে সার্কিটকে রেজনেন্স করার দরকার হয় তাহলে কয়েলের পাকগুলিকে কমিয়ে বা বাড়িয়ে ইন্‌ডাক্‌টেন্সের কিছুটা পার্থক্য করে দিলেই চলে, উদাহরণ স্বরূপ মনে করা যাক যে, কোন একটা নির্দ্দিষ্ট ফ্রিকোয়েন্সিকে টিউন করার জন্য ১00 মাইক্রো হেনরীর কয়েল আর ৩৫0 মাইক্রো মাইক্রোফ্যাড (·00035 মাইক্রোফ্যারাড) কনডেন্সার ব্যবহার করা হয়েছে। তাবলে তা থেকে এই বুঝায় না যে, ঐ নির্দ্দিষ্ট ফ্রিকোয়েন্সিকে টিউন করার জন্য কেবল মাত্র পূর্ব্বের ঐ একই পরিমাপের কয়েল ও কনডেন্সাকেই ব্যবহার করতে হবে। তার কোন বাধ্যবাধকতা নাই, ইচ্ছামত যে কোন পরিমাপের কয়েল ও কন্‌ডেন্সার ব্যবহার করতে পারি, তবে লক্ষ্য রাখতে হবে যে তাদের উভয়ের সমষ্টিগত পরিমাপ (Product of the two) সব সময়েই সমান আছে কি না। অর্থাৎ ১৭৫ মাঃ মাঃ ফ্যারাড (৩৫0 মাঃ মাঃ ফ্যারাডের অর্দ্ধেক) কনডেন্সার এবং ২00 মাইক্রো হেনরী (১00 মাইক্রো হেনরীর দ্বিগুণ) কয়েল ব্যবহার করলে ঐ একই ফ্রিকোয়েন্সি পাওয়া যাবে।

তাহলে দেখা যাচ্ছে যে সার্কিটের মোট * LCকে (Product of L×C which determines the frequency to which the circuit will respond) সমান রাখতে হবে। আর এই L ও Cর (কয়েল ও কনডেন্সার) মোট পরিমাণ এক একটি ফ্রিকোয়েন্সির জন্য নির্দ্দিষ্ট পরিমাপের হয় বলেই একে বলা হয় **অসিলেশন কনষ্ট্যাণ্ট**।

অসিলেশন কনষ্ট্যান্সকে ভালভাবে বুঝতে হলে টিউনিং সার্কিটের Resonance in series, Resonance in parallel, কয়েলের factor of merit প্রভৃতি সম্বন্ধে ভাল ভাবে জ্ঞান থাকা দরকার এ সম্বন্ধে দ্বিতীয় খণ্ডে আলোচনা করা হবে, তবে আলোচনা প্রসঙ্গে যখন অসিলেশন কনষ্ট্যাণ্টে এসে পড়েছি তখন এ সম্বন্ধে একটা মোটামুটি বিবরণ দিয়ে দেওয়াই ভাল।

এই অসিলেশন কনষ্ট্যান্টকে টেক্নিকের ভাষায় বলা হয়— "The oscillation constant is the product of the inductance and capacity of a circuit required for tuning the circuit to a certain frquency"

তাহলে যদি কোন সার্কিটের অসিলেশন কনষ্ট্যাণ্টকে জেনে নিতে পারি, আর সেই সার্কিটে ব্যবহৃত কনডেন্সার ও কয়েলের মধ্যে যে কোন একটির পরিমাণ জানা থাকে, তাহলে সার্কিটের বাকী প্রয়োজনীয় ইনডাকটেন্সকে সূত্রের (formula) সাহায্যে বার করে নেওয়া যায়। যে কোন

* এক্ষেত্রে L হচ্ছে মাইক্রোহেনরী হিসাবে ইনডাকটেন্সের পরিমাণ এবং C হচ্ছে মাইক্রো ফ্যারাড হিসাবে কনডেন্সারের পরিমাণ;

ফ্রিকোয়েন্সির অসিলেশন কনষ্ট্যান্টকে জানবার জন্য নিম্নলিখিত সূত্রটি প্রয়োগ করতে হয় :—

$$LC = \left(\frac{১0.00.000}{৬'২৮ \times f} \right)^{২}$$

L = মাইক্রো হেনরী হিসাবে ইনডাকটেন্স।

C = মাইক্রো মাইক্রো ফ্যারাড হিসাবে ক্যাপাসিটি।

F = কিলোসাইক্ল হিসাবে ফ্রিকোয়েন্সি।

উদাহরণ—আমাদের হাতে '০০০৩৫ মাইক্রোফ্যারাডের (৩৫০ *μμfd.*) একটি ভেরিএবল কনডেন্সার আছে। এখন দেখা যাক ঐ কনডেন্সারের সাহায্যে ষ্ট্যাণ্ডার্ড ব্রডকাষ্ট ষ্টেশনকে টিউন করার জন্য কয়েলের ইনডাকটেন্স কত হওয়া উচিত।

যেহেতু ঐ ব্যাণ্ডের সর্ব্বনিম্ন ফ্রিকোয়েন্সি হচ্ছে ৫৫০ কিলো সাইক্লস সেই হেতু প্রথমেই আমাদের ঐ ফ্রিকোয়েন্সির অসিলেশন কনষ্ট্যান্টকে জেনে নিতে হবে।

আমাদের সূত্র হচ্ছে :—

$$LC = \left(\frac{১0.00,000}{৬'২৮ \times f} \right)$$

অঙ্কটিকে সাজিয়ে বসালে হয়—

$$LC=\left(\frac{১০,০০,০০০}{৬\cdot২৮\times৫৫০}\right)^{২}$$

এইবার ৬·২৮ কে ৫৫০ দিয়ে গুণ করলে হয় ৩৪৫৪। আর ১০,০০,০০০ কে ৩৪৫৪ দিয়ে ভাগ করলে হয় প্রায় ২৮৯·৫। পুনরায় ২৮৯·৫ এর বর্গ অর্থাৎ ২৮৯·৫ কে ঐ একই সংখ্যা দিয়ে গুণ করলে হয় ৮৩,৮১০·২৫। কিন্তু প্র্যাকটিক্যাল কাজে প্রায়ই দশমিক বিন্দুকে ছেড়ে দেওয়া হয়, তাই এক্ষেত্রে LC=৮৩,৮১০ ধরা হয়।

এইভাবে যখন সার্কিটের LC অর্থাৎ অসিলেশন কনষ্ট্যাণ্টকে জেনে নেওয়া গেল তখন সার্কিটে ব্যবহৃত ভেরিএবল কনডেন্সারের ম্যাক্সিম্যাম্ ক্যাপাসিটি দিয়ে ঐ অসিলেশন কনষ্ট্যাণ্টকে ভাগ করলেই কয়েলের ইনডাক্টেন্স জানতে পারা যায়।

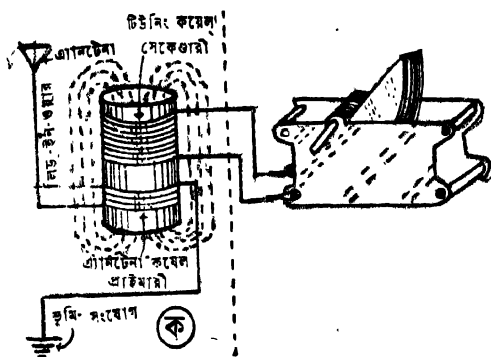
সুতরাং সূত্রাকারে লিখলে হয় ঃ—

$$L=\frac{LC}{C} \text{ বা } L=\frac{৮৩,৮১০}{৩৫০}=২৩৯ \text{ মাইক্রো হেনরী}$$

তাহলে মোটের উপর দেখা গেল যে ·০০০৩৫ মাইক্রো ফ্যারাড (৩৫০ মাঃ মাঃ ফ্যারাড) কনডেন্সারের ম্যাক্সিম্যাম্ ক্যাপ্যাসিটি দিয়ে ৫৫০ কিলো সাইক্ল ফ্রিকোয়েন্সিকে টিউন করার জন্য ২৩৯ মাইক্রো হেনরী কয়েল ব্যবহার করা উচিত। এই ২৩৯ মাইক্রো হেনরী ইনডাকশনে কত নম্বর তারে কত পাক ও কত ইঞ্চি ব্যাসবিশিষ্ট কয়েল ফরমারের উপর জড়াতে হবে সেও সূত্রের সাহায্যে নির্ণয় করে নিতে হয়।

এখন পুনরায় পূর্ব্বের আলোচনায় ফিরে আসা যাক। পূর্ব্বে বলেছিলাম, লোক্যাল ষ্টেশন শোনার কাজে ·0005 $\mu fd.$ কনডেন্সারই আমাদের দেশে বেশী প্রচলিত। কিন্তু ষ্ট্যাণ্ডার্ড ব্রডকাষ্ট ব্যাণ্ডে (১৮৭·৫ থেকে ৫৬০ মিটার বা ১৬০৫ থেকে ৫৩৫ কিলো সাইক্ল) অপারেট করার জন্য রিসিভারে সাধারণতঃ ·00035 $\mu fd.$ কনডেন্সারকেই নির্দ্দিষ্ট করা হয়। এই কনডেন্সারে সর্ব্বোচ্চ ক্ষমতা (Maximum capacity) হচ্ছে ·00035 মাইক্রোফ্যারাড (এই অবস্থায় প্লেটগুলি সম্পূর্ণ কার্য্যকরী হয়) আর সর্ব্বনিম্ন ক্ষমতা (Minimum capacity) সর্ব্বোচ্চ পরিমাণ ক্ষমতার $\frac{1}{10}$ অংশের বেশী নয় অর্থাৎ ·000035 মাইক্রোফ্যারাড পর্য্যন্ত হতে পারে (এই সময় প্লেটগুলি কার্য্যকরী হতে সম্পূর্ণরূপে অসমর্থ হয়)।

ভেরিয়েবল কনডেন্সার যুক্ত টিউনিং সার্কিট :—এইবার দেখা যাক, এই কনডেন্সার যুক্ত টিউনিং সার্কিট কি ভাবে কাজ করে। পূর্ব্বে আমরা দেখেছি যে, কোন সার্কিটে ইনডাকটেন্স (Inductance) ও ক্যাপাসিটির (capacity) এমন সামঞ্জস্য বিধান করা সম্ভব যে, তারা যে কোন একটি নির্দ্দিষ্ট ফ্রিকোয়েন্সীর অল্টারনেটিং কারেণ্টকে কোন বাধাই দেয় না (Zero opposition) অর্থাৎ ইনডাকটেন্স ও ক্যাপাসিটির এমন নির্ব্বাচন চলে যে, এদের উভয়ই তখন একই পরিমাণ ইনডাকটিভ রিয়্যাকটেন্স (X_L) ও ক্যাপাসিটিভ রিয়্যাকটেন্স (X_C) এমন অবস্থার সৃষ্টি করে যাতে সার্কিটটি সম্পূর্ণ রেজোনেন্স (resonance) হয়। ফলে ঐ নির্দ্দিষ্ট ফ্রিকোয়েন্সির অল্টারনেটিং কারেণ্টের প্রতি তার প্রতিরোধ ক্ষমতা সর্ব্বনিম্ন হয়ে থাকে, এই ভাবেই প্রতিটি গ্রাহক যন্ত্রের টিউনিং সার্কিটের নির্ব্বাচন কার্য্য চলে থাকে।

২৭২নং চিত্রে টিউনিং সার্কিটকে কয়েল ও ভেরিএবল কনডেন্সার সহ অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব, এরিয়াল সার্কিটের সাথে টিউনিং সার্কিটের ঐ অংশ-দ্বয়ের কোন দৈহিক যোগাযোগ নাই অর্থাৎ তারা ইনডাকটিভলী সম্বন্ধ যুক্ত। এখানে কয়েলের ইনডাকটেন্স একটা নির্দ্দিষ্ট পরিমাণ—প্রায় ২৫০ মাইক্রো-হেনরী, কারণ যে কয়েল ষ্টাণ্ডার্ড ব্রডকাষ্ট ব্যাণ্ডে কাজ করে

২৭২নং চিত্র—কয়েল ও কনডেন্সার যুক্ত টিউনিং সার্কিট

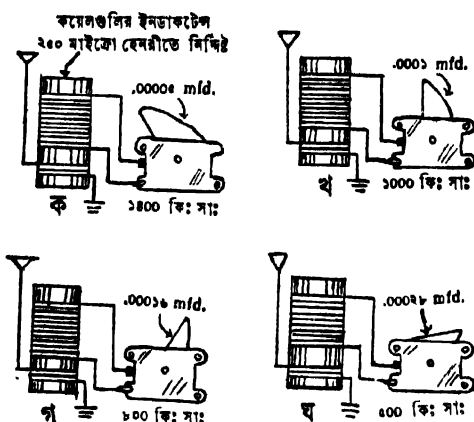
সেই কয়েলের ইনডাকটেন্স সাধারণতঃ এইরূপ হয়। চিত্রে কয়েল ও কনডেন্সারটি যেরূপ সিরিজে (in series) সংযুক্ত আছে তাতে কনডেন্সারকে ঘুরিয়ে প্লেটের বিন্যাসে কোন পরিবর্ত্তন ঘটালে কনডেন্সারের ক্যাপ্যাসিটিরও পরিবর্ত্তন ঘটে। ফলে কনডেন্সারের ক্যাপ্যাসিটিভ—রিঅ্যাকট্যান্সের (অর্থাৎ Xc-এর) পরিবর্ত্তন ঘটে। যখন

সার্কিটের X_Cর পরিবর্ত্তন করা হয় তখন X_L-X_C সম্বন্ধেরও পরিবর্ত্তন হয় এবং যে ফ্রিকোয়েন্সিতে সার্কিটের অল্টারনেটিং কারেণ্ট শূন্য প্রতিরোধ উপস্থিত হয় অথবা সার্কিটটি রেজনেট করে, তারও পরিবর্ত্তন ঘটে।

শিক্ষার্থীদের জন্য ২৫৭নং চিত্রে যে ক্রষ্টাল সেটের চিত্র অঙ্কন করেছি তার টিউনিং কয়েলটি (সেকেণ্ডারী) ২৪নং এনামেল তারের ৫০ পাক এবং টিউনি কনডেন্সারটি ·0005 মাইক্রো ফ্যারাড (J. B. Compact type) হবে। কিভাবে কয়েলটি জড়াতে হবে তা ২৬৭নং চিত্র লক্ষ্য করলেই বুঝা যাবে।

এইবার টিউনিং সার্কিটকে বিশ্লেষণ করলেই দেখতে পাব, এইখান থেকেই টিউনিং সার্কিটের ধ্বনি বাছাইয়ের কাজ আরম্ভ। কারণ ২৬৪নং চিত্রে আমরা দেখেছি ১800 kc, ১000 kc, ৮00 kc ও ৫00 kc এই চারটি ব্রডকাষ্টিং ষ্টেশন থেকে প্রেরিত রেডিও ওয়েভস সিগন্যাল আমাদের সরল গ্রাহক যন্ত্রে এসে পৌঁছাচ্ছে এবং এই সিগন্যালগুলির এ্যামপ্লিচ্যুড ব্যবহার যোগ্য। আমরা আরও দেখেছি যে, এরিয়াল সার্কিটে যে সিগন্যাল ভোল্টেজ আসে, তা মিউচ্যুয়াল ইনডাকশনের সাহায্যে টিউনিং কয়েলে স্থানান্তরিত হয়।

আর টিউনিং সার্কিট ঐ চারটি ষ্টেশনের বিভিন্ন ফ্রিকোয়েন্সিকে পৃথক করে ফেলে এবং এক প্রকার নির্ব্বিঘ্নেই নিজের প্রয়োজন অনুসারে প্রয়োজনীয় ষ্টেশনটিকে বেছে নিয়ে অপর তিনটিকে ত্যাগ করে। এই প্রয়োজনীয় ষ্টেশনকে বেছে নেওয়ার কাজে টিউনিং সার্কিটের বিভিন্ন রূপকে ২৭৩নং চিত্রে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। চিত্রে অঙ্কিত টিউনিং কয়েল-গুলিতে অবিরাম ২৫০ মাইক্রোহেনরী ইনডাকটেন্স রয়েছে এবং টিউনিং কনডেন্সারের ক্যাপ্যাসিটি সর্ব্বোচ্চ ও সর্ব্বনিম্ন

অবস্থায় পরিবর্ত্তিত করা চলে এবং নিকটবর্ত্তী চারিটি ষ্টেশন (১৪০০, ১০০০, ৮০০, ৫০০) থেকে আগত সিগন্যালগুলির সকলেই এরিয়াল সার্কিটে প্রবাহিত হচ্ছে আর প্রত্যেকেই e.m.f. নামক ভোল্টেজ টিউনিং কয়েলে পৌঁছে দেবার (ইনডাকশনের সাহায্যে) চেষ্টা করছে।

২৭৩নং চিত্র—বিভিন্ন ষ্টেশন থেকে প্রেরিত সিগন্যালগুলিকে পৃথক করার কাজে টিউনিং সার্কিটের ভিন্ন ভিন্ন রূপ।

সমস্ত টিউনিং সার্কিটের এই মোটামুটি অবস্থাকে জেনে নেওয়ার পর যদি ২৭৩নং চিত্রের (ক) অংশকে লক্ষ্য করি তাহলে দেখতে পাব, টিউনিং কনডেন্সারের ক্যাপ্যাসিটি ·০০০০৫ $\mu fd.$ না হওয়া পর্য্যন্ত তার প্লেটগুলি জালবদ্ধ (meshed) অবস্থায় আছে। এখন যে সার্কিটে ২৫০ মাইক্রো হেনরী ইনডাকটেন্স ও ·০০০০৫ মাইক্রোফ্যারাড ক্যাপ্যাসিটি আছে সেই সার্কিট ১৪০০ কিলো সাইক্ল ফ্রিকোয়েন্সিতে রেজনেন্স

করবে। অর্থাৎ ১৪00 কিলো সাইক্ল ফ্রিকোয়েন্সির অল্টার-নেটিং কারেণ্টের প্রতি এই সার্কিটের প্রতিরোধ ক্ষমতা নিম্নতম হবে। পক্ষান্তরে এই সার্কিট অন্যান্য ফ্রিকোয়েন্সিগুলির বিদ্যুৎ প্রবাহে প্রচণ্ড বাধা সৃষ্টি করবে। মোটের উপর এই সার্কিটের ফ্রিকোয়েন্সির পরিমাণ এমন ভাবে নিয়ন্ত্রিত হয়েছে (adjusted) যে, টিউনিং সার্কিট ১৪00 কিলো সাইক্ল প্রবাহ প্রেরক ষ্টেশন সম্পর্কে রেজনেন্স সৃষ্টি করছে এবং ১000, ৮00 ও ৫00 কিলোসাইক্ল প্রবাহগুলির প্রতি প্রচণ্ড বাধা সৃষ্টি করছে। সুতরাং এখন আমরা এই বলতে পারি যে, আমাদের গ্রাহক যন্ত্রটি ১৪00 কিঃ সাঃ ষ্টেশনের সাথে টিউন্‌ড্ হয়েছে অর্থাৎ এর প্রেরিত বিদ্যুৎ প্রবাহের এ্যামপ্লিটিউড্‌ই আমাদের গ্রাহক যন্ত্রের হেডফোনে ধ্বনি তোলার একমাত্র উপযুক্ত।

চিত্রের (খ) অংশে দেখান হয়েছে যে, ভেরিএবল কন্‌ডেন্সারের প্লেটগুলি আরো জালিবদ্ধ হয়ে ·000১ মাইক্রো ফ্যারাড ক্যাপ্যাসিটিতে পৌঁচেছে এবং ২৫0 মাইক্রোহেনরী ইনডাকটান্সের সাথে মিশে টিউনিং সার্কিটকে ১000 কিলো সাইক্ল সিগন্যাল প্রেরক ষ্টেশনের সঙ্গে রেজনেন্স হয়ে বাকি ১৪00, ৮00 ও ৫00 কিলো সাইক্ল ষ্টেশনগুলিতে বাধা সৃষ্টি করছে। ফলে আমাদের গ্রাহক যন্ত্র ১000 কিঃ সাঃ ষ্টেশনের ধ্বনি গ্রহণ করছে।

এইভাবে চিত্রের বাকি অংশগুলিতে যথা (গ) ও (ঘ) অংশে ক্রমান্বয়ে কন্‌ডেন্সারের প্লেটগুলির জালি বোনার (meshed হওয়ার) পরিমাণ অনুযায়ী কিভাবে ·000১৬ মাইক্রো ফ্যারাড ৮00 কিঃ সাঃ ষ্টেশনের এবং 000২৮ মাইক্রো ফ্যারাড ক্যাপ্যাসিটি ৫00 কিঃ সাঃ ষ্টেশনের ধ্বনি গ্রহণের জন্য নির্দ্দিষ্ট হয় তা দেখান হয়েছে।

এইভাবে বিভিন্ন ষ্টেশন থেকে প্রেরিত বিভিন্ন সিগন্যালকে টিউনিং সার্কিটের সাহায্যে পৃথক পৃথক ভাবে বাছাই করে নেওয়া সম্ভব হয়। টিউনিং সার্কিটের আলোচনার পরই আসে ডিটেক্টর সার্কিটের আলোচনা, কারণ টিউনিং সার্কিট দ্বারা সিগন্যালটি বেছে নেওয়ার পর প্রয়োজন হয় ঐ উভয় তরঙ্গজাত সিগন্যালকে অর্দ্ধ-তরঙ্গে সংশোধিত করে শ্রবণোপযুক্ত করা এবং সে কার্য্য সাধিত হয় ডিটেক্টর সার্কিট দ্বারা। ডিটেক্টর সার্কিটের আলোচনার পূর্ব্বে ধ্বনি বাছাই করা সম্পর্কে যে কোন টিউনিং সার্কিটের ক্যাপ্যাসিটি ইন্ডাক্টান্স ও ফ্রিকো-য়েন্সির পারস্পরিক সম্পর্ক কিভাবে নিয়ন্ত্রিত হয় তা মোটামুটি ভাবে মনে রাখবার জন্য নিম্নে একটা সোজা নিয়ম দেওয়া হলো—

১। **কোন টিউনিং সার্কিটে যদি ইনডাক্টেন্স একটা নির্দ্দিষ্ট পরিমাণে থাকে তাহলে টিউনিং কনডেন্সারের ক্যাপাসিটি যত বেশী হবে (Greater the capacity of the tuning condencer) সার্কিটটি যে ফ্রিকো-য়েন্সিতে টিউনড হবে সেই ফ্রিকোয়েন্সিও তত কম হবে (lower will be the frequency to which the circuit will be in tune).**

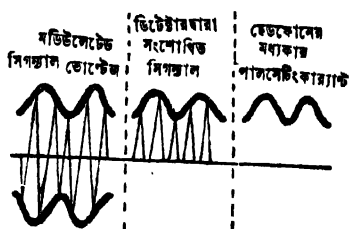
২। **কোন টিউনিং সার্কিটে ইনডাক্টেন্স একটা নির্দ্দিষ্ট পরিমাণ থাকলে টিউনিং কনডেন্সারের ক্যাপাসিটি যত কম হবে, সার্কিটটি যে ফ্রিকোয়েন্সিতে ধ্বনি পৃথকীকরণক্ষম বা টিউনড হবে (the circuit will be in tune) সেই ফ্রিকোয়েন্সিও তত বেশী হবে।**

ডিটেক্টর সার্কিট কর্ত্তৃক নির্ব্বাচিত সিগন্যাল সংশোধন ও শব্দে রূপান্তর

ডিটেক্টর সার্কিটের প্রয়োজনীয়তা :—টিউনিং সার্কিটের মধ্যে যখন সিগন্যাল কারেণ্ট সমূহ অল্টারনেটিং কারেণ্টের ন্যায় অনবরত দিক পরিবর্ত্তিত হয়ে চলাফেরা করছে, তখন ঐ কারেণ্টের কিছুটা অংশ সরিয়ে নিয়ে এসে হেডফোনকে কার্য্যকরী (energised) করা যায়। কিন্তু পূর্ব্বেই আমরা দেখেছি যে, হেডফোনের ওয়াইণ্ডিংয়ের মধ্য দিয়ে যদি রেডিও ফ্রিকোয়েন্সির অল্টারনেটিং কারেণ্টকে প্রবাহিত করা যায় তাহলে কোন শব্দই উৎপন্ন হতে পারে না, কারণ রেডিও কারেণ্ট এত দ্রুত গতিতে দিক পরিবর্ত্তন করে যে হেডফোনের শব্দ উৎপন্নকারী ডায়াফ্রাম তাকে অনুসরণ করতে বস্তুতঃ অসমর্থ হয়, তাই এই রেডিও সিগন্যালকে শ্রবণযোগ্য করতে হলে হেডফোন ও টিউনিং সার্কিটের মাঝে ডিটেক্টরকে বসান প্রয়োজন।

ডিটেক্টর সার্কিটের কার্য্যকারিতা :—ডিটেক্টর সার্কিট সম্বন্ধে পূর্ব্বে আলোচনা করা হয়েছে। তবে এক্ষেত্রে পুনরায় স্মরণ করিয়ে দেওয়া যেতে পারে যে, ডিটেক্টর সার্কিটের মধ্য দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহকে মাত্র একদিকে প্রবাহিত হতে দেয়। কোন নির্দ্দিষ্ট ফ্রিকোয়েন্সির রেডিও ফ্রিকোয়েন্সি অল্টারনেটিং কারেণ্টকে যখন ডিটেক্টর ও হেডফোন দ্বারা গঠিত সার্কিটের মধ্য দিয়ে প্রবাহের ব্যবস্থা করা হয় তখন ডিটেক্টরটি ২৭৪ নং চিত্রের প্রথম অংশের ন্যায় ঐ a-c সিগন্যালকে দ্বিতীয় অংশের ন্যায় পালসেটিং ডিরেক্ট কারেণ্টে পরিবর্ত্তিত করে তাকে হেডফোনের ওয়াইণ্ডিংএর মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হতে দেয়।

ফলে হেডফোনের মধ্যে এক প্রকার চুম্বক জাতীয় শক্তির প্রতিক্রিয়ার উদ্ভব হয়ে ডায়ফ্রামকে নাড়া দেয় কাজে কাজেই আমাদের গ্রাহক যন্ত্রের ঐ নির্দ্দিষ্ট ফ্রিকোয়েন্সির ধ্বনি হেড-ফোনের ডায়ফ্রামে প্রতিধ্বনিত হয়ে ওঠে।

এই ডিটেক্টরের কার্য্যকারিতা সম্পর্কেও আরও একটি জিনিষ জানবার আছে। কারণ ডিটেকশনকে সাধারণতঃ দুইভাগে ভাগকরা হয়েছে, যেমন—

২৭৪নং চিত্র—কৃষ্ট্যাল ডিটেক্টরের বিভিন্ন কার্য্যকারিতার ফলে সিগন্যালের প্রকৃত আকৃতি।

১। <u>বৈদ্যুতিক শক্তির সাহায্যে ডিটেকশন।</u>

২। <u>বিনা বৈদ্যুতিক শক্তিতে ডিটেকশন।</u>

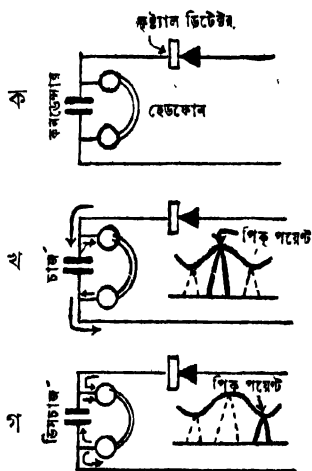
বৈদ্যুতিক শক্তির সাহায্যে ডিটেকশন সম্বন্ধে কিছু পরেই বলা হবে। কারণ এই ডিটেকশনের কাজে ভ্যালভ ব্যবহার করা হয়। তাই যখন ভ্যালভ দিয়ে গ্রাহক যন্ত্র নির্ম্মাণ কৌশল দেখান হবে তখন এ সম্বন্ধে আলোচনা করা হবে।

বিনা বৈদ্যুতিক শক্তিতে ডিটেকশনের কাজে কৃষ্ট্যাল ডিটেক্টর ব্যবহার করা হয় কারণ কৃষ্ট্যাল ডিটেক্টরের মধ্য দিয়ে কেবল একই দিকে কারেন্ট প্রবাহিত হতে পারে, ফলে

বিপরীত অভিমুখী অংশগুলি নষ্ট হয়ে যায়। এই ডিটেক্টরকে কার্য্যকরী করার জন্য কোন ব্যাটারী বা স্থানীয় কোন ভোল্টেজের প্রয়োজন হয় না। এরিয়াল কর্ত্তৃক গৃহীত সিগন্যাল কারেণ্টের সাহায্যেই কাজ চলে। কিন্তু এটি বড় সূক্ষ্ম যন্ত্র, এর Cat whisker এর সাহায্যে অনেকক্ষণ চেষ্টা করে কৃষ্ট্যালের উপরের একটি অত্যন্ত সূক্ষ্ম স্থানের খোঁজ করতে হয়। যন্ত্রটিতে ঝাঁকুনি লাগলে বা সেটা নড়ে গেলে Cats whisker স্থানচ্যুত হতে পারে, ফলে, বিশ্রী শব্দ হতে থাকে। সিগন্যাল কারেণ্টের সূক্ষ্ম শক্তির উপর এর কাজ হয় সত্য কিন্তু এর সূক্ষ্ম কাজও সীমাবদ্ধ। এরই জন্য এই কৃষ্ট্যাল রিসিভার বেশী দূরের সংবাদ গ্রহণ করতে পারে না।

এই ধরনের গ্রাহক যন্ত্রের উন্নতি বিধানের জন্য সাধারণতঃ একটা বাইপাস কন্‌ডেন্সার (২৫৭ নং চিত্রে ডট লাইন দ্বারা অঙ্কিত) লাগান হয়। এই কনডেন্সারটি প্রায় '০০১ মাইক্রো-ফ্যারাড ক্যাপাসিটি বিশিষ্ট হয় ও হেডফোন ওয়াইণ্ডিংগুলির সঙ্গে প্যার‍্যালাল ভাবে লাগান থাকে। ফলে ডিটেক্টর দ্বারা সংশোধিত রেডিও সিগন্যালের আর. এফ রিপলএর প্রভাব নষ্ট হয়ে কেবল মূল তরঙ্গের শ্রবণযোগ্য অডিও অংশগুলিই হেড-ফোনটিকে কার্য্যকরী করে তোলে। এখন দেখা যাক কি ভাবে এটা সম্ভব।

২৭৫নং চিত্রের (ক) অংশে কন্‌ডেন্সারকে হেড-ফোন টার্মিন্যালে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। আর (খ) অংশে দেখান হয়েছে যে সংশোধিত সিগন্যালে সর্ব্বোচ্চ (চিত্রের মধ্যস্থলে গ্রাফে অঙ্কিত) পরিমাণ চাপ (পিক-পয়েণ্ট) এসে কনডেন্সারকে চার্জ্জ করে, কারণ হেড-ফোনের ওয়াইণ্ডিংগুলির ইনডাকটেন্স এরূপ আকস্মিক বিদ্যুৎ প্রবাহের নূতন চাপকে

বাধা দেয়। পক্ষান্তরে উপযুক্ত ক্যাপাসিটির কনডেন্সার ঐ নূতন চাপকে চার্জিং ইম্পলস হিসাবে গ্রহণ করে। আবার যখনই চিত্রের (গ) অংশের ন্যায় সংশোধিত সিগন্যাল ভোল্টেজ পূর্ব্বে আগত সর্ব্বোচ্চ বিদ্যুৎ চাপের সৃষ্ট কনডেন্সারের চার্জিং ভোল্টেজের কম হয়, তখনই কনডেন্সারটি ভোল্টেজের সমতা রক্ষা করতে চেষ্টা করে এবং তার অতিরিক্ত ভোল্টেজের কিছুটা

২৭৫নং চিত্র—হেডফোন সার্কিটের কার্য্যকারিতা।

হেডফোনের ওয়াইণ্ডিংএর ভেতর দিয়ে প্রবাহিত করে দেয় কারণ হেড.ফোনের ওয়াইণ্ডিংগুলি কনডেন্সারের প্লেটগুলির মধ্যে সট্ সার্কিট করার জন্য পথ দেয়।

এক কথায় এই কনডেন্সারটি ভোল্টেজের ও কারেণ্টের সমতা রক্ষাকারী একটা কৌশলের মতো। কারণ সে আকস্মিক ভাবে আগত সর্ব্বোচ্চ ভোল্টেজের ও কারেণ্টের বেগ গ্রহণ

করে এবং যখন সংশোধিত সিগন্যালের গতির ভাঁটা পরে সেই মূহুর্ত্তে এই শক্তিকে হেডফোন সার্কিটে চালনা করে। স্থায়ী ভাবে লাগান এই চাপ গ্রহণ ও ত্যাগের ব্যাপারটা অডিও ও রেডিও ফ্রিকোয়েন্সি সমূহের সীমারেখায় ঘটে, ফলে হাই ফ্রিকোয়েন্সির অভাব হেতু হেডফোন ওয়াইণ্ডিংএর ভিতর দিয়ে ২৭৪ নং চিত্রের তৃতীয় অংশের সম আকৃতি বিশিষ্ট তরঙ্গায়িত একটা ডিরেক্ট কারেণ্ট প্রবাহিত হয়। এতে ধ্বনির গুণাগত উন্নতি সাধিত হয়,এবং প্রায়ই হেডফোন থেকে প্রচুর শব্দ পাওয়া যায়।

হেডফোনের মধ্য দিয়ে এই যে নানা মাত্রার শব্দ-বিদ্যুতের তরঙ্গ প্রবাহিত হয় একে বলা হয় অডিও ফ্রিকোয়েন্সি কারেণ্ট। এই কারেণ্টকেই হাই-ফ্রিকোয়েন্সির সাথে মিশিয়ে ট্রান্সমিটার থেকে প্রেরণ করা হয়। তাই রিসিভারে একে রেডিও ফ্রিকোয়েন্সি থেকে পৃথক করে শ্রবণোপযুক্ত করাই হচ্ছে শেষ কাজ।

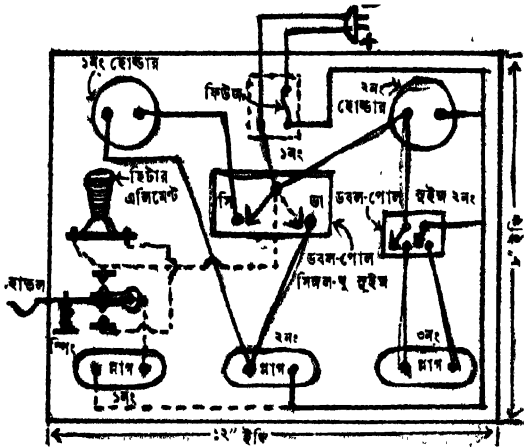
শিক্ষার্থীদের জন্য ২৫৭নং চিত্রে যে ক্রিষ্টাল সেটের চিত্র অঙ্কন করা হয়েছে তার ক্রিষ্টাল ডিটেক্টরটি IN34 জাতীয় ক্রিষ্টাল হলেই ভাল হয় তবে বাজারে যে গ্যালেনা ক্রিষ্টাল এবং cat whiskar বিশিষ্ট ক্রিষ্টাল পাওয়া যায়—তাতেও কাজ চলবে। চিত্রে অঙ্কিত কনডেন্সারের পরিমাণ '০০১ μfd. আর-C সাধারণতঃ '০০১ μfd মাইকা টাইপ ও হেড-ফোনটি লো-ওমসের হওয়া চাই মনে রাখবেন চিত্রে ডট চিহ্নিত অংশগুলিকে পরীক্ষা মূলক কাজের জন্য ব্যবহার করা হয়েছে।

এই হলো আমাদের ক্রিষ্ট্যাল রিসিভারের মোটামুটি বিবরণ। আশা করি এ থেকেই শিক্ষার্থীরা যন্ত্রটির নির্ম্মাণ কৌশল ও

তার প্রতিটি অংশের কার্য্য-প্রণালী সম্বন্ধে জানতে পেরেছেন। এইবার যদি তারা যন্ত্রটিকে নির্মাণ করেন ও বিভিন্ন পরীক্ষার মধ্য দিয়ে তার উন্নতি সাধনে নিজেরা সচেষ্ট হয়ে যন্ত্রটির সম্বন্ধে আরও অভিজ্ঞতা অর্জন করতে পারেন, তাহলে পরবর্ত্তী পরীক্ষাগুলি বুঝতে ও ভ্যালভের সাহায্যে যন্ত্র নির্মাণ করতে সমর্থ হবেন।

চতুর্দ্দশ অধ্যায়

কেশীল বোর্ড নির্ম্মাণ

এ পর্য্যন্ত যে গ্রাহক যন্ত্রের নির্ম্মাণ কৌশল দেখান হলো তাতে কোনরূপ লোক্যাল ইলেকট্রিসিটির প্রয়োজন হয় নাই, কারণ ঐ যন্ত্রটি এরিয়াল কর্ত্তৃক গৃহীত সিগন্যাল কারেণ্টের

২৭৬নং চিত্র।

সাহায্যেই কাজ করে। কিন্তু এইবার পরীক্ষামূলক কার্য্যের মধ্য দিয়ে যে যন্ত্রটির নির্ম্মাণ কৌশল দেখান হবে তার জন্য লোক্যাল ইলেকট্রিসিটির প্রয়োজন হবে। অনেক সময় দেখা গেছে বাড়ীর ইলেকট্রিক প্লাগ থেকে লোক্যাল ইলেকট্রিসিটির ব্যবস্থা করেও পরীক্ষামূলক কাজ চালাতে গিয়ে কতকগুলি সমস্যার সম্মুখীন হতে হয়। তাদের মধ্যে প্রধান সমস্যা হচ্ছে

বাড়ীর ফিউজ (Fuse) নষ্ট করে ফেলা ; কারণ প্রথম প্রথম ইলেকট্রিসিটি নিয়ে কাজ করতে গিয়ে প্রথম শিক্ষার্থীদের পক্ষে কিছু কিছু ভুল করা মোটেই অসম্ভব নয়। আর দ্বিতীয় সমস্যা হচ্ছে, পরীক্ষামূলক কাজ চালানর জন্য নির্দ্দিষ্ট কোন স্থানে নিজেদের ল্যাবরেটরী গড়ে তোলা প্রত্যেক শিক্ষার্থীদের পক্ষে সম্ভব নয়। কাজ চালাবার জন্য কখনও টেবিলে কখনও ঘরের মেঝেতে কখনও তক্তাপোষের উপর আবার কখনও বা বাড়ীর বারান্দায় বা ছাদে বসেই কাজ করতে হয়। তাই মনে হয় পরীক্ষকামূল কাজ আরম্ভ করার আগে এই কেশীল পাওয়ার বোর্ডটি নির্ম্মাণ করে নেওয়া ভাল, কারণ অস্থায়ী লেবরেটরী হিসাবে বাড়ীর যে কোন স্থানে বসে কাজ করতে গিয়ে কাজের জন্য প্রয়োজনীয় সব কিছুরই ব্যবস্থা এর মধ্যে আছে, যেমন টেষ্ট ল্যাম্পের সাহায্যে সর্ট সার্কিট টেষ্ট করা, নিয়ন ল্যাম্পের সাহায্যে কনডেন্সার টেষ্ট করা। সোল্ডার করার জন্য আয়রণটিকে উত্তপ্ত করা (আবার অনেক্ষণ কাজ করার ফলে আয়রণটি যাতে বেশী গরম হয়ে অযথা প্রয়োজনের অতিরিক্ত গরম না হয় তার ব্যবস্থাও করা হয়েছে)। বোর্ডের সুইচ্‌টিকে নিয়ন্ত্রিত করেই যন্ত্রটিকে মেন লাইনের সাথে একবার সিরিজে একবার প্যার‍্যালালে প্রয়োজন হলে লাইনকে off করে দেওয়া (আবার যাদের Nagative alive line তারা যাতে পাওয়ার লাইনের নেগেটিভ ও পজিটিভ উভয় সংযোগকেই off করতে পারেন তার জন্য আলাদা সুইচ্‌ ব্যবস্থাও আছে)। রাত্রিকালে কাজ করার সময় স্থানটিকে আলোকিত করা প্রভৃতি কাজ একই সাথে ঐ একটি মাত্র বোর্ড থেকে নেওয়া চলে। কাজে কাজেই দেখা যাচ্ছে ঐ বোর্ডের সাথে লাগান Flexible তারটি লম্বায় কিছুটা বড় রেখে কাছে বা দূরে বাড়ীর যে কোন

একটি পাওয়ার পয়েন্ট থেকে এতগুলি কাজ করা সম্ভব অথচ বোর্ডটি তৈরী করতে বিশেষ কিছু খরচা পড়ে না আর নির্ম্মাণ কৌশলও অত্যন্ত সোজা। তাই গ্রাহক যন্ত্র নির্ম্মাণের আগে এই বোর্ডটির নির্ম্মাণ কৌশল দেখিয়ে দেওয়া হচ্ছে।

কেশীল পাওয়ার বোর্ডটি নির্ম্মাণের জন্য যে যে জিনিষগুলি প্রয়োজন, তার একটি তালিকা দেওয়া হইল।

১টি—ফিউজ্ কাট্ আউট।
২টি—বটম্ হোল্ডার।
৩টি—প্লাগ।
১টি—ডবল পোল সুইচ্।
১টি—সিঙ্গল থ্রু ডবল পোল সুইচ্।
১টি—১২″×৮″ সুইচ্ বোর্ড বক্স।
১টি—হিটার এলিমেণ্ট।

১৭৬নং চিত্রে কেশীল পাওয়ার বোর্ডকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব পাওয়ার বোর্ডকে অঙ্কনের জন্য মোটা লাইন ও ডট্ ডট্ লাইনের সাহায্য নেওয়া হয়েছে। তার কারণ ডট্ ডট্ লাইনের দ্বারা অঙ্কিত অংশটি হচ্ছে কেশীল পাওয়ার বোর্ডের বিশেষত্ব। আমরা জানি অনেকক্ষণ কাজ করার ফলে সোলডারিং আয়রণ যদি অতিরিক্ত উত্তপ্ত হয়ে পড়ে তাহলে তার ভিতরকার রেজিষ্ট্যান্সটি পুড়ে গিয়ে আয়রণটি অকেজ হয়ে পড়ে। কিন্তু যদি অতিরিক্ত উত্তপ্ত হতে না দেওয়া হয় তাহলে আয়রণটি অধিক দিন স্থায়ী হয়। আর অতিরিক্ত উত্তপ্ত হতে না দেওয়ার একমাত্র উপায় হচ্ছে আয়রণটি মেন প্লাগ থেকে খুলে রাখা। ফলে মেরামতী কাজ করতে গিয়ে কিছুটা সময় বৃথা নষ্ট হয় কারণ যতবারই আয়রণ নিয়ে কাজ করবার

প্রয়োজন হবে, তত বারই আয়রণটি প্লাগে লাগিয়ে দিয়ে পুনরায় গরম না হওয়া পর্য্যন্ত অপেক্ষা করতে হবে। তাই একাধারে আয়রণটি দীর্ঘায়ু করা ও মেরামতী কাজের সময়কে রক্ষা করাই হচ্ছে কেশীল পাওয়ার বোর্ডের বিশেষত্ব।

বোর্ডের এই বিশেষ গুণটির বিষয় বিশেষ কিছুর বলার প্রয়োজন নাই। খালি এইটুকু বললেই যথেষ্ট হবে যে সমস্ত সার্কিটে কিছুটা রেজিষ্ট্যান্সের ব্যবস্থা করে আয়রণের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেণ্টকে নিয়ন্ত্রিত করাই এর কাজ। কারণ আয়রণটিকে যখন ব্যবহারের জন্য গ্রহণ করা হয় তখন ঐ রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ সর্ব্ব নিম্ন (মিনিমাম) হয়ে পরে, ফলে আয়রণ থেকে সর্ব্বোচ্চ (ম্যাক্সিমাম) উত্তাপ পাওয়া যায়। আবার যখন ব্যবহারের প্রয়োজন হয় না অথচ তাকে এমন ভাবে রাখা দরকার যাতে অনেকক্ষণ ফেলে রাখার পরেও যে মুহূর্ত্তে তাকে গ্রহণ করা হবে সেই মুহূর্ত্তেই সে কাজ করতে পারে—তখন তাকে হাতলটির উপর রাখলেই সমস্ত সার্কিটের রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ যাবে বেড়ে, ফলে আয়রণটি আর অতিরিক্ত উত্তপ্ত হতে পাবে না. তবে একটা নির্দ্দিষ্ট মাত্রায় উত্তপ্ত হয়ে থাকবে।

বোর্ডটির নির্ম্মাণ কৌশল বিশেষ কিছু শক্ত নয়। বাজারের যে কোন ইলেকট্রিকের দোকান থেকে ১২"×৮" ইঞ্চির একটি সুইচ্ বোর্ড বক্স সংগ্রহ করতে হয় ও তার উপরকার ডালাটি খুলে রেখে ভিতরের জায়গাটিতে প্লাগ, হোল্ডার, সুইচ্ প্রভৃতি জিনিষগুলি চিত্র অনুযায়ী সাজিয়ে নিয়ে তারপর ওয়্যারিং করতে বসলে কাজের সুবিধা হয়।

চিত্রে যে ১নং সুইচ্‌টি দেখান হয়েছে সেটি একটি সিঙ্গল-থ্রু ডবল-পোল সুইচ্ হলেই চলে। এর অবস্থান মাত্র

দুইটি ডাইরেক্ট এবং সিরিজ যথাক্রমে (সুইজে চিহ্নিত) "ডা" ও "সি" অর্থাৎ সুইচ্‌টিকে ডান দিকে রাখলেই ২নং প্লাগটি মেন থেকে ডিরেক্ট কারেণ্ট সরবরার পাবে আবার সুইচ্‌টিকে বাম দিকে রাখতে ২নং প্লাগটি ১নং হোল্ডারের সহিত সিরিজ হয়ে সরবরাহ পাবে। ফলে ১নং হোল্ডারে একটি ইলেকট্রিক বালব্‌ লাগিয়ে ২নং প্লাগটি সার্কিট টেষ্টার হিসাবে ব্যবহার করা চলে আর ইলেকটিক বালবের পরিবর্ত্তে একটি নিয়ন বালব্‌ লাগিয়ে ২নং প্লাগটিকে কনৃডেন্সার টেষ্টার হিসাবে ব্যবহার করা চলে আবার যেহেতু ২নং প্লাগটিকে ডিরেক্ট সংযোগে নিয়ে আসা চলে সেই হেতু এর দ্বারা অন্যান্য কাজ করাও চলতে পারে। তাহলে দেখা যাচ্ছে এই ধরণের সিঙ্গল-থ্রু ডবল পোল সুইচ্‌ দ্বারা মাত্র দুইটি কাজ চলে যেমন ২নং প্লাগটিকে একবার সিরিজে সংযোগ করা পুনরায় প্যারালালে সংযোগ করা। তাই এ ধরণের সুইচ দ্বারাও কাজ চলে। তবে আর এক প্রকারের সিঙ্গল থ্রু ডবল পোল সুইজ আছে যার অবস্থান হচ্ছে তিনটি যথা, ডাইনে, বাঁয়ে ও মধ্যে, ফলে সুবিধা হয় এই যে ২নং প্লাগটিকে সিরিজ ও প্যারালাল সংযোগ রাখা ছাড়াও প্লাগটিকে মেন লাইন থেকে সম্পূর্ণ off করে রাখা চলে। তাই, এই ধরণের সুইচ্‌ যোগাড় করতে পারলে খুব ভালই হয়।

২নং সুইচ্‌টি হচ্ছে ডবল-পোল-সুইচ্‌। চিত্রে এই সুইচ্‌টিকে ৩নং প্লাগের সাথে ব্যবহার করা হয়েছে। এই সুইচ্‌টির দ্বারা মেন লাইনের নেগেটিভ ও পজিটিভ দুটোকেই এক সঙ্গে off-on করা চলে, ফলে যন্ত্র নিয়ে পরীক্ষামূলক কাজে ৩নং প্লাগটি খুব ভাল কাজ দেয় আর চেসিস থেকে সক্ লাগবার কোন সম্ভাবনাও থাকে না।

২নং হোল্ডারটি সব সময়ই সোজা সাপ্লাই-এ লাগান। কাজেকাজেই এখানে একটা বালব লাগিয়ে কাজের জায়গায় আলোর অভাব দূর করা যায়। কাজ করতে গিয়ে যদি কোন রকমের ভুল হয়ে যায় তাহলে বিপদের হাত থেকে রক্ষা পাবার জন্য ফিউজ্‌ কাটআউটের ব্যবস্থা করা হয়েছে ফলে ঐ স্থানে বসেই তা সংশোধন করে নেওয়া চলে।

১নং প্লাগটিকে সোলডারিং আয়রণের জন্য রাখা হয়েছে। চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব আয়রণের উত্তাপকে নিয়ন্ত্রণের জন্য একটি পিতলের বা লোহার হাতল ব্যবহার করা হয়েছে। এই হাতলটি একদিক স্ক্রু দ্বারা আলগা করে লাগান ও বিপরীত দিকে আয়রণটিকে রাখার জন্য ব্যবস্থা করা হয় এবং হাতলটি যাতে সব সময়েই উপরের সংযোগ বিন্দুর সাথে ঠেকে থাকে তার জন্য একটি স্প্রিং এর ব্যবস্থা আছে। সংযোগ বিন্দুগুলি লক্ষ্য করলেই দেখতে পাব আয়রণটিকে যখন ব্যবহার করা হয়, তখন তার সংযোগটিকে মেন লাইনের সাথে ডিরেক্ট থাকে। কিন্তু যখন আয়রণটিকে রেখে দেবার প্রয়োজন হয় তখন তাকে হাতলের উপর রেখে দিলেই ডাইরেক্ট কারেণ্টের সংযোগ ছিন্ন হয়ে যায় এবং আয়রণটি তখন হিটার এলিমেণ্টের সাথে সিরিজে সংযুক্ত হয় ফলে, আয়রণের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেণ্ট কমে গিয়ে এমন এক নির্দ্দিষ্ট মাত্রায় এসে পড়ে যার ফলে আয়রণটি অতিরিক্ত উত্তপ্ত হতে পায় না বটে, তবে তাকে গরম রাখার পক্ষে যথেষ্ট হয়।

হিটার এলিমেণ্টের পরিমাণ নির্ভর করে, আয়রণটির লাইনের উপর, তবে সাধারণতঃ ১০০ ওয়াট বা তার চেয়ে কিছু বেশী হলেই যথেষ্ট। সবচেয়ে ভাল উপায় হচ্ছে প্রথমে

একটি ছোট হিটিং এলিমেন্ট লাগিয়ে দেখা যায় যে কিছুক্ষণ এইভাবে ফেলে রাখার ফলে অয়রণটি ঠাণ্ডা হয়ে যাচ্ছে কিনা তা যদি হয় তাহলে এলিমেণ্ট থেকে কয়েক পাক তার খুলে ফেলে পুনরায় ঠাণ্ডা হচ্ছে কিনা দেখা এই ভাবে ঠিক প্রয়োজন মত বাকিটুকু রেখে দিলেই চলে।

আর যদি এলিমেণ্ট পাওয়া না যায় তাহলে হিটার এলিমেণ্ট খুলে ফেলে সেই জায়গায় একটি ব্যাটম্ হোল্ডার লাগিয়ে একটি ১০০ ওয়াট ইলেকট্রিক বালব্ লাগিয়ে দিলেই চলবে।

পঞ্চদশ অধ্যায়

এক ভ্যালভ নিয়ে পরীক্ষা

পাওয়ার সাপ্লাই

পূর্ব্বেই বলেছি যে ভ্যালভ যুক্ত গ্রাহক যন্ত্র নির্ম্মাণে পাওয়ার সাপ্লাই-এর প্রয়োজন হয়। কারণ এই পাওয়ার সাপ্লাই থেকেই ভ্যালভের হাইটেনশন (H. T.) ভোল্টেজের ব্যবস্থা করা হয়। তাই পরীক্ষামূলক কাজে প্রথমেই পাওয়ার সাপ্লাইকে গ্রহণ করা হয়েছে। পাওয়ার সাপ্লাই নিয়ে পরীক্ষা-মূলক কাজের জন্য যে পার্টসগুলির দরকার সেগুলি হচ্ছে ঃ—

25Z6-GT	...	...	... ১টি
মেটাল চেসিস্	...	...	... ১ „
মিলি এম মিটার	...	...	... ১ „
16 মাইক্রোফ্যারাড ইলেকট্রোলিটিক কনডেন্সার...			২ „
১০ হেনরী ৫০ মিলি L.F. চোক...			... ১ „

রেজিষ্ট্যান্স—

R_1—১০,০০০	ওমস্	রেজিষ্ট্যান্স	... ১টি
R_2—১৫,০০০	„	„	... ১ „
R_3—১০০০	„	„	... ১ „
R_4—৫০০০	„	„	... ১ „

R_5—২০০ ওমস্ রেজিষ্ট্যান্স ... ১টি
R_6—২০০০ „ পোটেনশিও মিটার ১ „
R_7—৭৫০ ('৩ এ্যাম্পিয়ার) ফিলামেণ্ট রেজিষ্ট্যান্স ১ „

অন্যান্য—

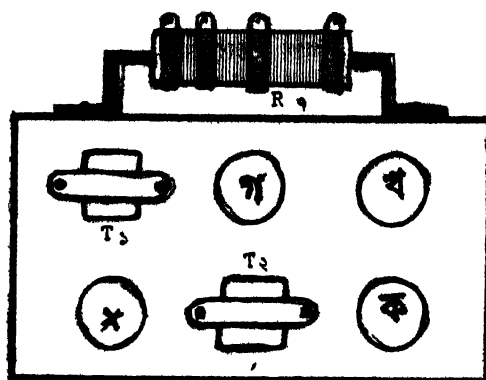
আটপিন্ ভ্যালভ বেস ... ... ১টি
টর্চ্চের ব্যাটারী ... ... ৩ „

৬/৭টী নাট-বল্ট, (⅛" ইঞ্চির) এবং ৪/৫ গজ ফ্লেক্সিবল্ তার, একটি লাইন প্লাগ ইত্যাদি।

কাজ আরম্ভ করার পূর্ব্বে এ সম্বন্ধে কতকগুলি প্রয়োজনীয় বিষয়ের উল্লেখ করবো, যেমন—

১। যে সকল পরীক্ষা কার্য্য দেখান হবে সেগুলি ১০০ থেকে ২২০ ভোল্ট পর্য্যন্ত এ/সি বা ডি/সি যে কোন মেন ভোল্টেজ থেকে গ্রহণ করা চলবে।

২। বেশী ভোল্ট নিয়ে কাজ করতে গিয়ে অনেক সময় 'বিপদ-জনক অবস্থার সম্মুখীন হতে হয়। তাই রেকটিফায়ার টিউবটির আউট পুট ভোল্টেজ যাতে বেশী না হয় তার জন্য টিউবের প্লেট ভোল্টেজকে কমিয়ে রাখা হয়েছে। চিত্র (২৮৩নং চিত্র) লক্ষ্য করলে দেখতে পাব প্লেটের সংযোগটি L. T. রেজি-ষ্ট্যান্সের যে দিক মেনের দিকে আছে সেদিকে না লাগিয়ে ফিলামেণ্টের দিকে লাগান আছে (তবে L. T. রেজিষ্ট্যান্সের গায়ে আর একটি ক্লাম্প লাগিয়ে প্লেটকে ২৫ থেকে ৩৫ ভোল্ট সরবরাহের ব্যবস্থাও করা চলে)। ফলে প্লেটটি ফিলামেণ্টের সমান ভোল্ট গ্রহণ করায় পাওয়ার সাপ্লাইয়ের আউট-পুট ভোল্টেজও কমে যাবে, কাজে কাজেই এই লো-ভোল্টেজ নিয়ে কাজ করতে গিয়ে বিপদের সম্ভাবনা থাকবে না। আর রেকটিফায়ার টিউবটিরও ক্ষতিগ্রস্ত হবার সম্ভাবনা কম থাকবে।

৩। তালিকায় যে মেটাল চেসিসের উল্লেখ করা হয়েছে। সেটির দৈর্ঘ্য হবে ৮" এবং প্রস্থ হবে ৭" ও উচ্চতা ২" ইঞ্চি। ২৭৭নং চিত্র অনুযায়ী চেসিসটির উপরে চারটি ভালভ বেস বসাবার ছিদ্র করে নিলে ভাল হয় কারণ তাতে এক ভালভ দু' ভালভ এবং তিন ভালভ প্রভৃতি পরীক্ষাগুলি যখন একটার পর আর একটা এই ভাবে করান হবে তখন ঐ একই চেসিসে কাজ করা চলবে।

২৭৭নং চিত্র

৪। তালিকায় যে সকল পার্টসগুলির উল্লেখ করা হয়েছে সেগুলি খুব সাবধানের সহিত ব্যবহার করতে হবে। কারণ, প্রথম পরীক্ষা ছাড়াও পরবর্তী পরীক্ষাগুলিতে এর পুনঃ পুনঃ প্রয়োজন হবে এবং পরে ঐ পার্টসগুলি দিয়েই একটি তিন ভালভ এ.সি/ডি.সি গ্রাহকযন্ত্র নির্মিত হবে। তাই পরীক্ষামূলক কাজে যখন এগুলি ব্যবহার করা হবে তখন পার্টসগুলি ব্যবহৃত করার পর মুখগুলি পাকিয়ে স্থায়ী ব্যবহারের কাজের

সুবিধার জন্য মুখের তারগুলি কেটে কেটে ছোট না করাই ভাল। কারণ, তাতে পরবর্ত্তী কাজে অসুবিধা হবে। কাজে কাজেই পার্টসগুলির যত্ন নিতে হবে আবার যাতে ভালভাবে সংযোগ পায় তারও ব্যবস্থা করতে হবে। আমার মতে সব-চেয়ে ভাল উপায় হচ্ছে সংযোগ বিন্দু দুইটি প্রথমে ছুরি বা এ্যমাড়ি (emary) পেপার দিয়ে ঘসে পরিষ্কার করে নিয়ে বিন্দু দুইটিকে এমন ভাবে সোল্ডার করা উচিত যাতে প্রত্যেকটি পরীক্ষার শেষে উত্তপ্ত সোল্ডারিং আয়রণটি বিন্দু-টিতে ঠেকালেই তাদের সংযোগ ছিন্ন হয়ে যায়। পার্টস-গুলি সম্বন্ধে আর একটি কথা বলে রাখি যে, তালিকায় যে সকল রেজিষ্ট্যান্সের উল্লেখ করা হয়েছে লক্ষ্য করলে দেখতে পাব তাদের পরিমাণগুলিকে $R_১$ $R_২$ $R_৩$ প্রভৃতি দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে তার কারণ হচ্ছে পরীক্ষামূলক কাজে যে সকল চিত্রগুলি অঙ্কন করা হয়েছে তাদের মধ্যভাগে স্থান না থাকায় প্রতিটি রেজিষ্ট্যান্সের পৃথক পৃথক পরিমাণকে লিখে দেওয়া সম্ভব হলো না, তাই $R_১$ $R_২$ $R_৩$ প্রভৃতির সাহায্য গ্রহণ করা হয়েছে।

৫। যে মিলি এম মিটারটির উল্লেখ আমি করেছি তার ম্যাক্সিমাম্ রেঞ্জ বা স্কেল রিডিং হচ্ছে ১৫ মিলি এ্যাম্পিয়ার। এর আভ্যন্তরীন রেজিষ্ট্যান্স (internal resistance) হচ্ছে ২৭৫ ওমস্ এই মিলি এম-মিটারটি যোগাড় করতে পারলে ভাল হয়। তবে এই মিটারই যে ব্যবহার করতে হবে তার কোন মানে নাই। আজকাল বাজারে যে সব এম মিটার পাওয়া যায় সেই একটা যোগাড় করে তাদের রেজিষ্ট্যান্স জেনে নিয়ে তাকেই ভোল্ট মিটার এবং ওম মিটার হিসাবে পরীক্ষা-মূলক কাজে লাগান যায়। কিভাবে এম মিটারকে ভোল্ট মিটারে ও ওম্ মিটারে রূপান্তরিত করা যায় সে সম্বন্ধে মোটামুটি আলোচনা স্থান বিশেষে করা হয়েছে। ওম মিটার হিসাবে এম মিটার দ্বারা যখন সার্কিটের রেজিষ্ট্যান্স বা কন্টিনিউইটি টেষ্ট করা হবে তখন সার্কিটটি যাতে কোন

লাইনের সাথে লাগান না থাকে সেদিকে লক্ষ্য রাখতে হবে। তা না হলে মিটারটি পুরে যেতে পারে।

৬। যে সকল পরীক্ষামূলক কাজ দেখান হবে সেগুলি যদি ধারাবাহিক ভাবে করে যাওয়া যায় এবং তাদের ফলাফলগুলি লেবরেটারি নোট বুকে লিখে রাখা যায়, তাহলে সব রকম রেডিও বা এ্যামপ্লিফায়ার তৈরী ও সার্কিট রহস্য সম্বন্ধে একটা মোটামুটি জ্ঞান রাখা যাবে এবং ভবিষ্যতে এর প্রযোজন উপলব্ধি করা যাবে।

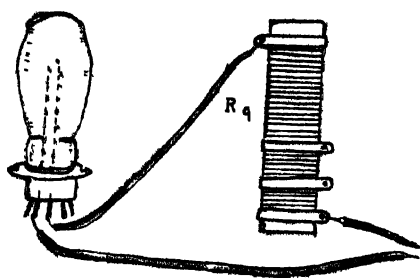
পরীক্ষা—১

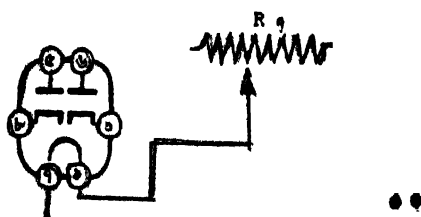
ফিলামেণ্ট সার্কিট

পার্টস—চেসিস্, আট পিন ভালভ বেস, ৭৫০ ওমস্ (R_7) ফিলামেণ্ট, রেজিষ্ট্যান্স, ৪/৫ গজ ফ্লেক্সিবল তার, প্লাগ ও ৪টি নাট বল্টু।

ব্যবহার—২৭৭নং চিত্রে যে চেসিসকে দেখান হয়েছে তার (X) চিহ্নিত ছিদ্রে ভালভ বেসটিকে বসান। সাধারণত চেসিসের নিচের দিক থেকে বেসটি ছিদ্র পথে লাগান এবং নাটবল্টু দিয়ে বেসটিকে চেসিসের সাথে শক্ত করে লাগিয়ে দিন। দেখবেন যেন বেসটির Key way মুখটি চেসিসের সামনের দিকে থাকে। পুনরায় ২৭৭নং চিত্রে যেভাবে দেখান আছে ঠিক সেই ভাবে ৭৫০ ওমস্ ফিলামেণ্ট রেজিষ্ট্যান্সকে চেসিসের পিছন দিকে লাগান ও নাটবল্টু দিয়ে জোর করে আটকে দিন।

খানিকটা এক গাছা তার (হুক-আপ ওয়ার) দিয়ে ২৭৮নং চিত্র অনুযায়ী বেসটির ২নং পিন্‌কে রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য ক্লাম্পটির

সাথে লাগিয়ে বিন্দু দুইটি সোল্ডার করে দিন। এইবার ফ্লেক্সিবল তারের এক প্রান্তের মুখ দুইটির একটিকে রেজিস্ট্যান্সের এক প্রান্তের মুখে ও অপরটিকে ভালভ বেসের ৭নং পিনে এবং ফ্লেক্সিবল তারের অপর প্রান্তদ্বয় প্লাগের সাথে যুক্ত

২৭৮নং চিত্র।

করুন। এইবার সমস্ত সার্কিটকে ২৭৯নং চিত্রের সাথে মিলিয়ে নিন।

২৭৯নং চিত্র।

ফলাফল—এইভাবে রেক্‌টিফায়ার টিউবের ফিলামেণ্ট সার্কিটে ওয়্যারিং সম্পূর্ণ হলো। লক্ষ্য করলে দেখতে পাব টিউবের ফিলামেণ্টের সাথে রেজিস্ট্যান্সটি সিরিজে যুক্ত হলো।

ফলে ঐ রেজিষ্ট্যান্স মেন ভোল্টেজকে কমিয়ে দিয়ে কেবল মাত্র টিউবের প্রয়োজনীয় ফিলামেন্ট ভোল্টেজ (২৫ ভোল্ট) সরবরাহ করবে।

পরীক্ষা—২

ফিলামেন্ট রেজিষ্ট্যান্স

পার্টস—১নং পরীক্ষায় ব্যবহৃত পার্টসগুলি।

ব্যবহার—এক্ষেত্রে ১নং পরীক্ষার সার্কিটই গ্রহণ করা হবে। যে রেজিষ্ট্যান্সটি সার্কিটে ব্যবহার করা হয়েছে এক্ষেত্রে তার কাজ হলো ২২০ ভোল্ট মেন ভোল্টেজকে ড্রপ করে বা কমিয়ে * ২৫ ভোল্টে নিয়ে আসা সুতরাং রেজিষ্ট্যান্সটির দুই প্রান্তের (অ্যাক্রশের) ড্রপিং ভোল্টেজ হবে মেন ভোল্টেজ বিয়োগ টিউবের ফিলামেন্ট ভোল্টেজ। অতএব দেখা যাক ঐ ড্রপ করার জন্য রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ কত হওয়া উচিত।

ধরে নেওয়া যাক্ আমাদের মেন ভোল্টেজ হচ্ছে ২২০ ভোল্ট আর টিউবের জন্য দরকার ২৫ ভোল্ট, তাহলে ড্রপিং ভোল্টেজ হবে—

২২০ − ২৫ = ১৯৫ ভোল্ট।

টিউব ম্যানুয়াল থেকে দেখে নেওয়া গেল যে 25Z6 ভ্যালভের ফিলামেন্ট বা হিটার কারেন্ট হচ্ছে ৩০০ মিঃ এঃ (·৩ এ্যাম্পিয়ার)। আমরা জানি, কোন রেজিষ্ট্যান্সের অ্যাক্রশের ভোল্টেজ ও তার মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেন্ট

---

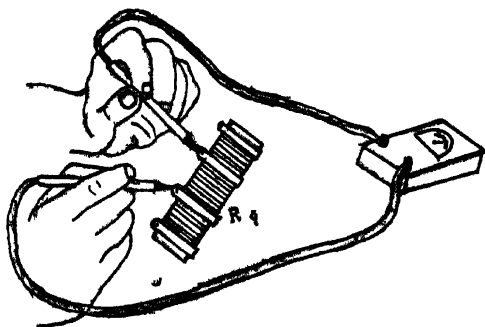
* কারণ 25Z6 টিউবের ফিলামেন্ট ভোল্টেজ হচ্ছে ২৫ ভোল্ট।

যদি জানা থাকে তাহলে ওম-সূত্রের সাহায্যে তার রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ নির্ণয় করা যায়।

সূত্রটি হলো—

$$R = \frac{E}{I}$$

তাহলে রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ হবে—

$$\therefore\ R = \frac{১৯৫}{\cdot৩} = ৬৫০ \text{ ওমস্}$$

২৮০নং চিত্র।

এইভাবে ওম্ সূত্রদ্বারা রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ জেনে নেওয়ার পর ২৮০নং চিত্রের ন্যায় ওম মিটার সাহায্যে ফিলামেণ্ট রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য ক্লামটি কমিয়ে-বাড়িয়ে ঠিক পরিমাণে নিয়ে আসতে হয়। এই প্রসঙ্গে একটি কথা বলে রাখি এই পরিমাপের জন্য ওম-মিটারটি খুব সূক্ষ্ম (sensitive) হওয়া দরকার। কারণ, প্রয়োজনীয় ওমসের কম-বেশীর জন্যে টিউবের ফিলামেণ্ট সার্কিটে অতিরিক্ত ভোল্টেজ দিয়ে টিউবকে [illegible]

করতে পারে, তাই আমার মতে যাদের সূক্ষ্ম মিটার নাই তাদেরকে প্রথম একবার নিকটবর্ত্তী কোন দোকান থেকে মেপে নিয়ে আসতে পারলে ভাল হয়। তবে এই সঙ্গে আমি যে একটি ০—১৫ মিলি এ্যাম মিটারকে ওম মিটারে রূপান্তরীত করে পরিমাপ নির্ণয়ের নির্দ্দেশ দিয়েছি (পরীক্ষা নং ১৯ দেখুন) তার দ্বারাও রেজিষ্ট্যান্সটি মাপা যায়। যাহা হউক যে কোন প্রকারেই হোক যখন জানতে পারবেন যে নির্দ্দিষ্ট পরিমাপের রেজিষ্ট্যান্সকে ফিলামেণ্টের সাথে সিরিজে রাখা হয়েছে, তখন ফিলামেণ্ট সম্বন্ধে নিঃসন্দেহ হবেন। তবে টিউবকে বেসের মধ্যে বসিয়ে ও প্লাগটীকে মেনে লাগাবার আগে—৩নং পরীক্ষাটি করে নেওয়া অত্যন্ত প্রয়োজন।

পরীক্ষা—৩

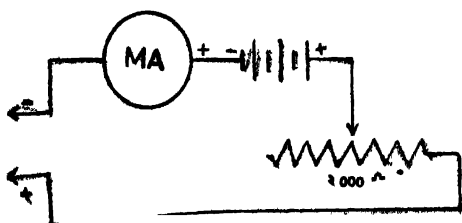
ফিলামেণ্ট সার্কিট টেষ্ট

পার্টস—মিলিএমমিটার, ৪টি টর্চের ব্যাটারী ও ২০০০ ওম্ (R_6) পোটেনশিও মিটার।

ব্যবহার—নির্ম্মিত ফিলামেণ্ট সার্কিট নিয়েই পরীক্ষা চলবে। প্রথমেই নির্ম্মিত সার্কিটের কোথাও সর্ট সার্কিট আছে কিনা দেখবার জন্য ২৮১নং চিত্র অনুযায়ী মিলিএমমিটার ব্যাটারী ও ২০০০ ওমস্ (R_6) পোটেনশিও মিটারকে সিরিজে লাগিয়ে ওম মিটার নির্ম্মাণ করুন। এইবার ওম মিটারের দুইটি তারের মুখকে সংযুক্ত করে পোটেনশিও মিটারটি আস্তে আস্তে ঘুরিয়ে মিলি এম মিটারের কাঁটাটি ১৫ মিলি এ্যাম-পিয়ারের ঘরে রাখুন। এবার নিম্নলিখিত বর্ণনানুযায়ী ওম

মিটার নিয়ে কাজ সুরু করুন। তবে এইরূপ কাজ করার সময় টিউবটিকে যেন বেসের মধ্যে বসাবেন না আর প্লাগ যেন মেনে লাগান না থাকে।

নিম্নে যে যে স্থানগুলির উল্লেখ করা হবে ২৭৮নং চিত্রের ঠিক সেই সেই জায়গায় ওম মিটারের প্রড (তারের মুখ) দুইটিকে ঠেকিয়ে তার ফলাফল লক্ষ্য করুন।

১। প্লাগের দুইটি মাথায়।
২। রেজিষ্ট্যান্সের দুইটি মাথায়।
৩। ভালভ বেসের ৭নং পিনে এবং চেসিসের গায়ে।
৪। " " ২নং " এবং প্লাগের প্রত্যেক-টির মাথায়।
৫। " " ৭নং " " "
৬। রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য ক্লাম্প এবং প্লাগের যে মাথাটি রেজিষ্ট্যান্সে লাগান।

২৮১নং চিত্র

ফলাফল—পূর্ব্বের প্রত্যেকটি পরীক্ষা নিম্নের ফলাফলের সাথে মেলান। যদি কোন পার্থক্য দেখেন তাহলে কোথাও ভুল সংযোগ হয়েছে বুঝবেন এবং সার্কিটের সঙ্গে ভাল করে মিলিয়ে তা ঠিক করে নেবেন।

১। কোন নির্দ্দেশ দেখাবে না।

২। রেজিষ্ট্যান্সের জন্য নির্দ্দেশ দেবে।

৩। কোন নির্দ্দেশ দেবে না।

৪। প্লাগের একটা পিনের মাথায় প্রায় 4ma নির্দ্দেশ দিয়ে অন্যটিতে কোন নির্দ্দেশ পাওয়া যাবে না।

৫। প্লাগের একটা পিনের মাথায় প্রায় ১৫ ma নির্দ্দেশ দিয়ে অন্যটিতে কোন নির্দ্দেশ পাওয়া যাবে না।

৬। নির্দ্দেশ দিবে তবে তার পরিমাণ নির্ভর করবে মধ্য ক্ল্যাম্পের দূরত্বের উপর।

পরীক্ষা—৪

টিউব যুক্ত সার্কিট

পার্টস—25Z6 টিউব।

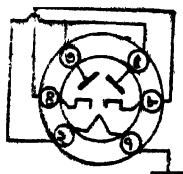
ব্যবহার—নির্ম্মিত ফিলামেন্ট সার্কিট নিয়েই পরীক্ষা চলবে তবে এখন টিউবটিকে বেসের মধ্যে ভালভাবে বসিয়ে দিন। প্লাগটিকে পূর্ব্বে নির্ম্মিত কেশীল বোর্ডের ২নং প্লাগে লাগান এবং টিউবটির প্রতি লক্ষ্য রাখুন।

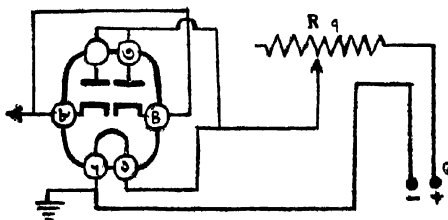
ফলাফল—পাওয়ার বোর্ডের ১নং সুইচকে সিরিজে রেখে যদি দেখেন ১নং হোল্ডারের ইলেকট্রিক বালবটি তার স্বাভাবিক অপেক্ষা কম জোরে জ্বলছে তাহলে সুইচটি ডাইরেক্ট করে দিন। কারণ, 25Z6 টিউবটির ফিলামেন্ট সার্কিটটি যদি কোথাও সর্ট থাকে তাহলে বালবটি তার স্বাভাবিক অবস্থায় জ্বলবে। আর যদি কম জ্বলে তাহলে বুঝতে হবে সার্কিট

ঠিক আছে। ডাইরেক্ট করার ফলে বালবটি নিভে গিয়ে টিউবটির ফিলামেন্ট ধীরে ধীরে জ্বলে উঠবে এবং ক্যাথোডকে একটু একটু করে উত্তপ্ত করে তুলবে।

পরীক্ষা—৫

প্লেট সংযোগ

পার্টস—মিলি এন মিটার, ৪টি টর্চের ব্যাটারী ও ২000 ওমস্ ($R_{৬}$) পোটেনশিও মিটার।

২৮২নং চিত্র।

ব্যবহার—পাওয়ার বোর্ডের ৩নং প্লাগে রিসিভারের প্ল্যাগকে বসান। বোডের ২নং সুইচটি off করে রাখুন

২৮৩নং চিত্র।

এবং ভ্যালভ বেস থেকে টিউবকে খুলে রাখুন। এইবার খানিকটা তার দিয়ে ২৮২নং চিত্রের ন্যায় ভ্যালভ বেসের ৫নং

ও ৩নং পিনকে সর্ট করে ১নং পিনের সাথে যুক্ত করে দিন এবং আরও খানিকটা তার দিয়ে ৭নং পিনে এবং চেসিসে লাগিয়ে সোল্ডার করে দিন। আর ৪নং ও ৮নং পিনকেও খানিকটা তার দিয়ে সর্ট করে দিন। লক্ষ্য রাখবেন যেন তারগুলি প্রয়োজনের অতিরিক্ত বড় না হয়। আর পূর্ব্বের সংযোগের সাথে লেগে কোন গোলযোগের সৃষ্টি না করে। এইবার সমস্ত সার্কিটেকে ২৮৩নং চিত্রের সাথে মিলিয়ে নিন এবং পুনরায় ওম মিটারেব সাহায্যে ৩নং পরীক্ষার ন্যায় সমস্ত সার্কিটকে পরীক্ষা কবে নিন।

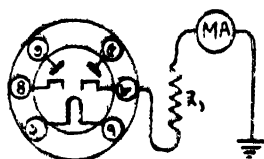
ফলাফল—১নং সুইচ্‌কে off করে দেওয়ার ফলে যন্ত্রের নেগেটিভ ও পজিটিভ উভয় লাইন off হয়ে যাবে। আর ওম মিটার দিয়ে পরীক্ষার ফলে মিটারের প্রত্যেকটি নির্দ্দেশই ৩নং পরীক্ষার ন্যায় হবে, তবে ৩নং অর্থাৎ চেসিস ও মেন প্লাগের এক মাথায় নির্দ্দেশ পাওয়া যাবে কারণ ২৮৩নং চিত্রকে বিশেষ ভাবে লক্ষ্য করলে দেখতে পাব সমস্ত সংযোগই পূর্ব্বের ন্যায় আছে, তবে নূতনের মধ্যে কেবল মেন লাইনের এক দিককে চেসিসে ও অপর দিককে রেজিষ্ট্যান্স মারফৎ টিউবের প্লেটে সংযোগ করা হয়েছে।

পরীক্ষা—৬

রেক্‌টিফায়ার সার্কিট

পার্টস—মিলি এম মিটার, ১০,০০০ ওমস্ (R_1) রেজিষ্ট্যান্স, 25Z6 টিউব।

ব্যবহার—প্রথমেই মিলি এম মিটার ও ১০,০০০ ওমস্ (R_1) রেজিষ্ট্যান্সটিকে সিরিজে লাগিয়ে একটি ভোল্ট

মিটার প্রস্তুত করুণ এবং মিটারের একদিক (নেগেটিভ দিক) চেসিসে ও অপর দিক ২৮৪নং চিত্রের ন্যায় ৮নং পিনে যুক্ত করুন। পুনরায় 25Z6 টিউবটি ভ্যালব বেসে বসিয়ে বোর্ডের ২নং সুইচ্‌টি on করে ফিলামেণ্টকে উত্তপ্ত হতে দিন এবং মিটারের প্রতি লক্ষ্য রাখুন। যদি দেখেন কোন নির্দ্দেশ পাওয়া যাচ্ছে না—আপনার মেন লাইন যদি ডি,সি হয়—তাহলে প্লাগটি উল্টে বসান।

২৮৪নং চিত্র

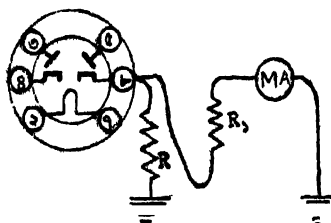
ফলাফল—আমাদের মিলি এমমিটারটি ডি,সি যন্ত্র হওয়ায় তার নির্দ্দেপক বা কাঁটাটি তার মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেণ্টকে একাভিমুখে দেখাবে। মেন লাইন যদি ডি,সি হয় তাহলে যতক্ষণ না টিউবের প্লেটে মেনের পজিটিভ দিক যুক্ত হচ্ছে ততক্ষণ রেক্‌টিফায়ার থেকে কোন কারেণ্ট প্রবাহিত হবে না। মেন লাইন যদি এ,সি হয় তবেই সার্কিটে রেক্‌টিফিকেশন আরম্ভ হবে। আবার যেহেতু রেক্‌টিফায়ার টিউবের প্লেটে ২৫ ভোল্ট দেওয়া আছে সেই হেতু টিউবের আউট-পুটও ২৫ ভোল্টের বেশী তো হবেই না বরং কিছু কম হতে পারে। কারণ রেক্‌টিফায়ার টিউবের অ্যাক্রশে কিছুটা ভোল্টেজ-ড্রপ ঘটে। যাহা হউক এই **লোড-হীন**—অবস্থায় মিটারটি কত ভোল্টেজ * নির্দ্দেশ দেয় দেখুন এবং পরবর্ত্তী পরীক্ষার জন্য

* আউট-পুটের এই ভোল্টেজকে বলা হয় এফেক্‌টিভ ভোল্টেজ (Effective Voltage)।

নোট করে রাখুন। এক্ষেত্রে মিটারে যত মিলি এ্যাম্পিয় নির্দ্দেশ দেবে তাকে ১০ দিয়ে গুণ করলেই ভোল্ট পাও যাবে

পরীক্ষা—৭

ভোল্টেজ রেগুলেশন

পার্টস—৬নং পরীক্ষার পার্টসগুলি এবং ১৪,০০০ ওমঃ (R_2) ৫০০০ ওমস্, (R_8) ১০০০ ওমস্, (R) রেজিষ্ট্যান ও ২০০০ ওমস্, (R_6) পোটেনশিও মিটার।

২৮৫নং চিত্র

ব্যবহার—৬নং পরীক্ষায় যে ভাবে একটি ১০,০০০ ওমস্ রেজিষ্ট্যান্স ও মিলি এম মিটারের সাহায্যে ভোল্টমিটার তৈরী করে ভ্যালভ বেসের ৮নং পিনে লাগান হয়ে ছিল সেগুলি না খুলে, আর একটি ১৫,০০০ ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সকে ৮নং পিন ও চেসিসে লাগিয়ে দিন। এই রেজিষ্ট্যান্সটি ২৮৫নং চিত্রে যে 'R' চিহ্নিত রেজিষ্ট্যান্স রেক্‌টিফায়ারের আউট-পুটে লোড হিসাবে অঙ্কন করা হয়েছে, তারই পরিবর্ত্তে ব্যবহার করা হয়েছে। এইবার বোর্ডের সুইচ্‌টি on করে দিয়ে মিলি

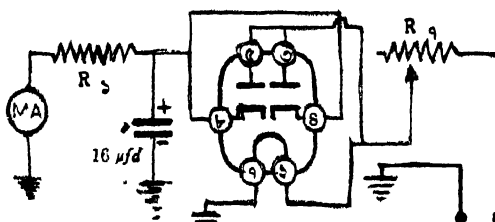
এম মিটারে যা নির্দ্দেশ দেয় তাকে নোট করে রাখুন। পুনরায় সুইচ্‌টি off করে ১৫,০০০ ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সটি খুলে ফেলে তার জায়গায় একটি ১০০০ ওমস্-রেজিষ্ট্যান্স ও ২,০০০ ওমস্ পোটেনশিও মিটারকে সিরিজে লাগিয়ে দিন। তবে লক্ষ্য করবেন যে পোটেনশিও মিটারের দুই প্রান্তের টার্মিনালকে ঐ ১০০০ ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সের সাথে এমন ভাবে লাগান হয় যাতে R এর পরিমাণ মোট ৩০০০ ওমস্ হয়। এবারও সুইচ্‌টি on করে মিটারের নির্দ্দেশটা নোট করে নিন এবং সুইচ্‌টিকে off করে দিয়ে ও ১০০০ ওমসকে রেখে কেবল পোটেনশিও মিটারটি সার্কিট থেকে খুলে ফেলুন এবং তার পরিবর্ত্তে একটি ৫০০ ওমস রেজিষ্ট্যান্স ঐ ১০০০ ওমসের সাথে সিরিজে লাগিয়ে চেসিসে সোল্ডার করে দিন। পুনরায় সুইচ্ খুলে মিটারে কত ভোল্ট নির্দ্দেশ দেয় দেখুন এবং এইভাবে পাওয়া বিভিন্ন ভোল্টেজের তুলনা করুন।

ফলাফল—এইভাবে ১৫,০০০ ওমস, ৩০০০ ও ১৫০০ ওমসকে রেক্‌টিফায়ার আউট-পুটে লোড হিসাবে ব্যবহার করা হয়েছে। লক্ষ্য করলেই দেখতে পাব লোডের পরিমাণ যতই কমছে অর্থাৎ রেজিষ্ট্যান্স কমার ফলে যত বেশী কারেণ্ট লোডের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হচ্ছে, রেক্‌টিফায়ারের আউট-পুট ভোল্টেজও তত কমে আসছে। পুনরায় ঐ ৫নং পরীক্ষায় লোড হীন অবস্থায় পাওয়া ভোল্টেজের সাথে এই বিভিন্ন ভোল্টেজের তুলনা করলে রেক্‌টিফায়ারের রেগুলেশন (regulation of the rectifier) সম্বন্ধে মোটামুটি এই ধারণাই হবে যে—প্রবাহিত কারেণ্টের মাত্রা বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে রেক্‌টিফায়ারের অ্যাক্রশে বেশী রকম ভোল্টেজ ড্রপ ঘটার ফলেই আউট-পুট ভোল্টেজের পতন ঘটে।

পরীক্ষা—৮

ক্যাপাসিটি ফিল্টার

পার্টস—16 *µfd* ইলেকট্রোলিটিক কনডেন্সার।

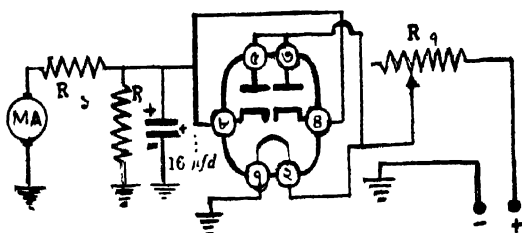
ব্যবহার—৭নং পরীক্ষায় ভোল্ট মিটার হিসাবে ১০,০০০ ওমস রেজিষ্ট্যান্স ও মিলি এম মিটারটি ব্যবহার করা হয়েছিল সেগুলিকে ঠিক ঐভাবে রেখে দিয়ে কেবল লোড হিসাবে যে রেজিষ্ট্যান্সগুলি লাগান আছে সেগুলি খুলে ফেলুন এবং

২৮৬নং চিত্র

২৮৬নং চিত্রের ন্যায় ইলেকট্রোলিটিক কনডেন্সারের + চিহ্নিত দিকটি ৮নং পিনে ও – চিহ্নিত দিকটি চেসিসে লাগিয়ে সুইচ্‌টি on করে দিন। কিছুক্ষণ বাদে যখন টিউবের ফিলামেণ্ট উত্তপ্ত হয়ে উঠবে তখন ক্যাথোড প্রান্তে সংলগ্ন ভোল্ট মিটারটি কত ভোল্ট নির্দ্দেশ দেয় তা নোট করুন এবং ৬নং পরীক্ষায় পাওয়া ভোল্টেজের সাথে তুলনা করুন।

ফলাফল—এক্ষেত্রে ক্যাথোড প্রান্তে কনডেন্সার সংযুক্ত থাকায় এই কনডেন্সারটি রেক্‌টিফায়ারের আউট-পুট ভোল্টেজের পিক্‌ পয়েন্টে চার্জ গ্রহণ করবে এবং সম্পুর্ণ ভাবে

ডিস্‌চার্জ্জ না হওয়ায় কনডেন্সারের অ্যাক্রশের ভোল্টেজ, এফেক্‌টিভ্‌ ভোল্টেজের চেয়ে বেশী হবে (এক্ষেত্রে এফেক্‌টিভ ভোল্টেজ হচ্ছে ৬নং পরীক্ষার লোডহীন অবস্থায় পাওয়া আউট-পুট ভোল্টেজ)। তাহলে মোটামুটি দেখা যাচ্ছে যে রেকটিফায়ার টিউবের আউট-পুট-অ্যাক্রশের কনডেন্সার, রেকটি-ফায়ারের ডাইরেক্ট ভোল্টেজের মাত্রা বৃদ্ধি করে।

পরীক্ষা—৯

ক্যাপাসিটি ফিল্টার সার্কিটের রেগুলেশন

২৮৭নং চিত্র

পার্টস—১৫000 ওমস্‌ ($R_২$) ১000 ওমস্‌ ($R_৩$) ও ৫00 ওমস্‌ ($R_৪$) রেজিষ্ট্যান্স এবং ২,000 ওমস্‌ ($R_৬$) পোটেনশিও মিটার।

ব্যবহার—৮নং পরীক্ষা নিয়েই কাজ চলবে তবে এই পরীক্ষাটি পূর্ব্বের ৭নং পরীক্ষার ন্যায় হবে অর্থাৎ প্রথমে ১৫,000 ওমস্‌, তারপর ১000 ওমস্‌ ও ২000 ওমস্‌ পোটেনশিও

মিটারকে সিরিজ সংযোগ করে মোট ৩000 ওমস্ এবং অবশেষে ১000 ওমস্ ও ৫00 ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সের মোট ১৫00 ওমস্‌কে ২৮৭নং চিত্রে লোড হিসাবে ব্যবহৃত 'R' চিহ্নিত রেজিষ্ট্যান্সের পরিবর্ত্তে ব্যবহার করুন এবং প্রত্যেকটি লোডের (১৫,000 ওমস্, ৩000 ওমস্ ও ১৫00 ওমস্) পৃথক পৃথক সংযোগের ফলে ভোল্ট মিটারের যে পরিমাণ নির্দ্দেশ পাওয়া যায় তাকে নোট করুন এবং ৭নং পরীক্ষায় পাওয়া বিভিন্ন ভোল্টেজের সাথে তুলনা করুন।

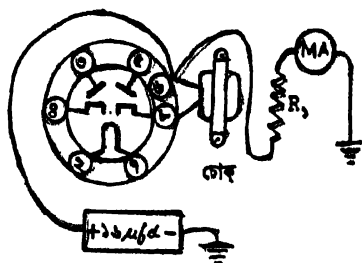
ফলাফল—৭নং পরীক্ষার চেয়ে এই পরীক্ষার আউট-পুট ভোল্টেজ বেশী হবে। তবে এক্ষেত্রে আউট-পুটে ব্যবহৃত লোডের গুরুত্ব অনুযায়ী কিরূপ ভোল্টেজ-ড্রপ ঘটে তা লক্ষ্য করবার বিষয়। কারণস্বরূপ দেখা গেছে যে, যখন লোড-কারেণ্ট বৃদ্ধি প্রাপ্ত হয় তখন প্রতিটি রেক্‌টিফিকেশন সাইক্লসে কনডেন্সারটি বেশী রকম ডিসচার্জ্জ হয়। সুতরাং পূর্ব্বের লোডহীন অবস্থার ন্যায় পিক ভোল্টেজে চার্জ্জযুক্ত হয়ে থাকতে পারে না।

পরীক্ষা—১০

"L" টাইপ ফিল্টার

পার্টস—১টী চোক এবং ২টী নাট-বল্টু।

ব্যবহার—৯নং পরীক্ষার লোড হিসাবে ব্যবহৃত রেজি-ষ্ট্যান্সগুলি সার্কিট থেকে খুলে রাখুন। কন্‌ডেন্সারের পজিটিভ প্রান্ত (যে প্রান্তটি ক্যাথোডে যুক্ত) এবং মিলি-এম মিটার ও ১0,000 ওমস রেজিষ্ট্যান্স দ্বারা গঠিত ভোল্ট

মিটারের যে প্রান্তটি ক্যাথোড প্রান্তে লাগান, ঐ মুখ দু'টিকে ক্যাথোড থেকে (৮নং পিন থেকে) খুলে ভ্যালভ বেসের ৬নং পিনে লাগান (কনডেন্সারের নেগেটিভ প্রান্তে ও ভোল্ট মিটারের নেগেটিভ প্রান্ত চেসিসেই লাগান থাকবে)। এই ৬নং পিনটি 25Z6-GT টিউবের কোন কাজে লাগে না, তাই ঐ পিনটিকে সংযোগ বিন্দু হিসাবে ব্যবহার করা হলো। এইবার চোকটি (২৭৭নং চিত্রের ন্যায়) চেসিসের উপর বসিয়ে তার একটি টার্মিন্যাল ৮নং পিনে এবং অবশিষ্ট টার্মিন্যালটি ৬নং পিনে সংযোগ করলেই দেখতে পাবেন, সার্কিটটি ২৮৮নং চিত্র অনুযায়ী হয়েছে। পুনরায় বোর্ডের

২৮৮নং চিত্র

সুইচ্‌টি on করে ভোল্টেজ নোট করুন এবং ৬নং ও ৮নং পরীক্ষায় পাওয়া ভোল্টেজগুলির সাথে তুলনা করুন।

ফলাফল—এইভাবে রেক্‌টিফায়ারের আউট-পুটে একটি চোক- ইনপুট-ফিল্টার বা L টাইপ ফিল্টার গঠন করা হলো। এই ধরণের ফিল্টারকে অনেক হাই-ভোল্টেজ পাওয়ার সাপ্লাই-এ দেখতে পাওয়া যায়।

এক্ষেত্রে কন্‌ডেন্সার ও রেক্‌টিফায়ারের মাঝে চোক থাকায় এবং চোকটির ফ্লাকচুয়েশনকে নষ্ট করার (smooth out the fluctuation) ক্ষমতা থাকায় কন্‌ডেন্সারটি পিক্‌-ভোল্টেজে চার্জযুক্ত হতে পারে না, ফলে আউট-পুট ভোল্টেজও কম হয়। তবে এইরূপ ফিল্টার সার্কিটের একটা বিশেষ গুণ হচ্ছে এই যে প্রাক্‌টিক্যাল সার্কিটে এর ভোল্টেজ রেগুলেশন খুব ভাল থাকে।

পরীক্ষা—১১

"L"—টাইপ ফিল্টারের রেগুলেশন

পার্টস—১৫,০০০ ওমস্ ($R_১$), ১০০০ ওমস্ ($R_৩$) ও ৫০০ ওমস্ ($R_৪$) রেজিষ্ট্যান্স এবং ২০০০ ওমস্ ($R_৬$) পোটেনশিওমিটার।

ব্যবহার—এই পরীক্ষাটি পূর্ব্বের ৯নং পরীক্ষার মতই হবে। অর্থাৎ ১০নং পরীক্ষায় যে সার্কিট গঠন করা হয়েছে তারই আউট-পুটে একবার ১৫,০০০ ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সকে আবার ১০০০ ও ২০০০ ওমস্ পোটেনশিওমিটারের মোট ৩০০০ ওমস্‌কে, পুনরায় ১০০০ ও ৫০০ ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সের মোট ১৫০০ ওমস্‌কে পৃথক পৃথক ভাবে সংযুক্ত করে প্রতি বারের নির্দ্দেশিত ভোল্টেজকে নোট করুন এবং ৭নং ও ৯নং পরীক্ষায় পাওয়া ভোল্টেজের সাথে তুলনা করুন।

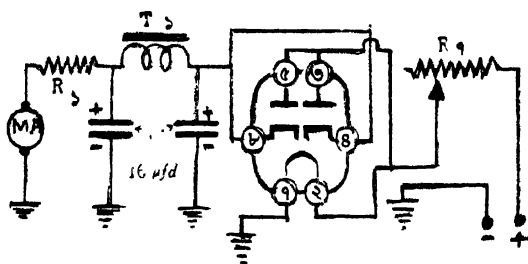
ফলাফল—এক্ষেত্রেও দেখতে পাবেন, রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ কমানর সঙ্গে সঙ্গে ভোল্টেজও কমে আসছে। কিন্তু এক্ষেত্রে লক্ষ্য করবার বিষয় এই যে, পরীক্ষায় প্রথম

ভোল্টেজের পরিমাণ, ক্যাপাসিটি ফিল্টারের বেলায় (৯নং পরীক্ষায়) পাওয়া প্রথম ভোল্টেজের চেয়ে পরিমাণে কম এবং ভোল্টেজ ড্রপগুলিও তেমন দর্শন যোগ্য নয়।

পরীক্ষা—১২

"PI"—টাইপ-ফিল্টার

পার্টস—16 $\mu fd.$ ইলেকট্রোলিটিক কনডেন্সার।

ব্যবহার—১১নং পরীক্ষায় লোড হিসাবে ব্যবহৃত রেজিষ্ট্যান্সগুলি খুলে ফেলুন এবং নূতন 16 μfd ইলেকট্রোলিটিক

২৮৯নং চিত্র

কনডেন্সারের পজিটিভ প্রান্ত রেকটিফায়ারের ক্যাথোড প্রান্তে (৮নং পিনে) ও নেগেটিভকে চেসিসের সাথে যুক্ত করুন। দেখবেন যেন সার্কিটের অন্যান্য পার্টসগুলি খুলে না যায়, আর বিশেষভাবে মনে রাখবেন যে সার্কিটে কোন নূতন পার্টস লাগানর সময় বা পরিবর্ত্তনের সময় যেন লাইন যেন off করা থাকে।

এইবার মেন লাইন on করুন এবং পূর্ব্বের ভোল্টেজ-গুলির সাথে এই ভোল্টেজের তুলনা করুন।

ফলাফল—এই ফিল্টার সার্কিটকে সাধারণতঃ বলা হয় ক্যাপাসিটি ইন-পুট ফিল্টার। তবে এর আসল নাম PI-টাইপ ফিল্টার কারণ ১৮৯নং চিত্রেব ফিল্টার সার্কিটের আকৃতি অনেকটা গ্রীক ভাষায় PI অক্ষরেব অনুরূপ। আবার এইরূপ ফিল্টার সার্কিটে কারেণ্ট পালসেশনকে নষ্ট করার কাজে উচ্চ পরিমাপের কনডেন্সার ও ইনডাক্টেন্স ব্যবহৃত হয় বলে, একে বলা হয় "**ব্রুটফোর্স ফিল্টার**" (Bruteforce filter)। এইরূপ ফিল্টার সাধারণতঃ লো-ভোল্টেজ পাওয়ার সাপ্লাই-এ (যেমন রেডিও রিসিভার) ব্যবহৃত হয়। এই পরীক্ষায় পাওয়া মিটার ভোল্টেজকে লক্ষ্য করলেই দেখতে পাবেন এইরূপ ফিল্টারযুক্ত সার্কিটের ভোল্টেজ L-টাইপের চেয়ে বেশী হচ্ছে কারণ ইন্-পুট কন্‌ডেন্সারটি পিক ভোল্টেজে চার্জ গ্রহণ করায় আউট-পুট বৃদ্ধি প্রাপ্ত হয়।

পরীক্ষা—১৩

"PI"টাইপ—ফিল্টারের রেগুলেশন

পার্টস—১৫,000 ওমস্ ($R_২$) ১000 ওমস্ ($R_৩$) ও ৫00 ওমস্ ($R_৪$) রেজিষ্ট্যান্স এবং ২000 ওমস্ ($R_৬$) পোটেনশিওমিটার।

ব্যবহার—এক্ষেত্রেও পূর্ব্বের পরীক্ষাগুলির ন্যায় ১৫,000 ওমস্, ৩000 ওমস্ এবং ১৫00 ওমস্‌কে লোড হিসাবে পৃথক পৃথক ভাবে ফিল্টার সার্কিটের আউট-পুটে ব্যবহার করে বিভিন্ন ভোল্টেজগুলিকে নোট করুন।

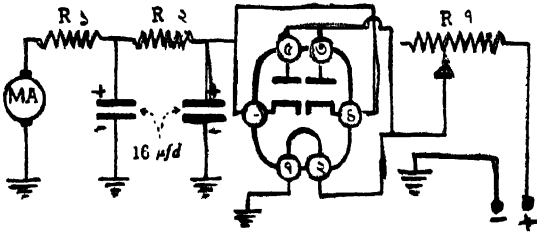
ফলাফল—পূর্ব্বে বর্ণিত অন্যান্য রেকটিফায়ার ও ফিল্টার সার্কিটগুলির ন্যায় এখানেও লোড বৃদ্ধির সাথেই আউট-পুট ভোল্টেজ হ্রাস প্রাপ্ত হবে।

পরীক্ষা—১৪

R-C ফিল্টার

পার্টস—১৫,০০০ ওমস্ ($R_২$) রেজিষ্ট্যান্স।

ব্যবহার—এই পরীক্ষাটি ১২নং পরীক্ষার অনুরূপ হবে। তবে এক্ষেত্রে চোক্‌টিকে সার্কিট থেকে খুলে ফেলে তার

২৯০নং চিত্র

পরিবর্ত্তে ১৫,০০০ ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সকে ৮নং ও ৬নং পিনে লাগিয়ে সার্কিটটিকে ২৯০নং চিত্রের সঙ্গে মিলিয়ে নিন। দেখবেন যেন অন্যান্য সংযোগগুলি খুলে না যায়। তার জন্য ভালভাবে সোল্ডারের ব্যবস্থা করুন।

এইবার বোর্ডের সুইচ on করে ভোল্টেজ নোট করুন এবং ১২নং পরীক্ষায় পাওয়া ভোল্টেজের সাথে তুলনা করুন।

ফলাফল—R-C ফিল্টার হচ্ছে PI-টাইপ ফিল্টারের আর একটি রূপ। এইরূপ ফিল্টারের কার্য্যকারিতা PI-টাইপ ফিল্টারের ন্যায় আশানুরূপ না হলেও যে সকল পাওয়ার সাপ্লাইএ কারেণ্টের প্রয়োজন কম সেখানে এর দ্বারা আশানুরূপ ফল পাওয়া যায়। কারণ এর ফিল্টার সার্কিটে রেজিষ্ট্যান্স থাকায় এর মধ্য দিয়ে উচ্চ মাত্রায় প্রবাহিত কারেণ্ট, রেজিষ্ট্যান্সের অ্যাক্রশে অসম্ভব রকম ভোল্টেজ ড্রপ ঘটিয়ে থাকে, ফলে আউট-পুট ভোল্টেজ কম হয়ে পড়ে। কাজে কাজেই দেখা যাচ্ছে, যে সকল সার্কিটে কম কারেণ্টের প্রয়োজন সেখানে এই ফিল্টার সার্কিট ব্যবহার করা চলে।

পরীক্ষা—১৫

R-C ফিল্টার রেগুলেশন

পার্টস—১৫,000 ওমস্ (R_2) ও ৫00 ওমস্ (R_8) এবং ২000 ওমস্ (R_6) পোটেনশিওমিটার।

ব্যবহার—পূর্ব্বে যেভাবে ভোল্টেজ রেগুলেশন দেখান হয়েছে এক্ষেত্রে ঠিক সেই ভাবেই বিভিন্ন লোডের সাহায্যে পরীক্ষা করে দেখুন এবং নোট করুন।

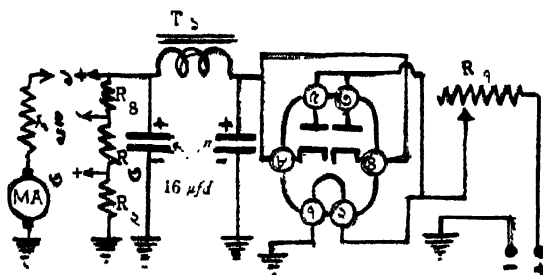
ফলাফল—এই পরীক্ষায় ১৫,000 ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সকে ফিল্টার সার্কিটে ব্যবহার করায়, প্রথম লোড হিসাবে একে ব্যবহার করা যাবে না, তাই এক্ষেত্রে কেবল ৩০00 ওমস্ এবং ১৫00 ওমস্কে লোড হিসাবে ব্যবহার করতে হবে এবং পূর্ব্বের রেগুলেশন পরীক্ষাগুলির সাথে তুলনা করতে হবে।

পরীক্ষা—১৬

ভোল্টেজ ডিভাইডার

পার্টস—১৫,000 ওমস্ ($R_২$) ১000 ওমস্, ($R_৩$) ৫00 ওমস্, ($R_৪$) রেজিষ্ট্যান্স ও ২000 ওমস্ ($R_৬$) পোটেনশিও মিটার এবং চোক।

ব্যবহার—৬ ও ৮নং পিনের অ্যাক্রশে লাগন, ১৫,000 ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সটি খুলে ফেলে পুনরায় চোকটিকে বসান।

২৯১নং চিত্র।

ভোল্ট মিটারের ১0,000 ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সের যে মাথাটি ৬নং পিনে সোল্ডার করা ছিল কেবল সেই মাথাটি খুলে রাখুন (ভোল্ট মিটারের যে দিক চেসিসে সোল্ডার করা আছে সেদিক যেন খুলিবেন না), এবং ৫000 ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সের একদিকে ৬নং পিনে ভাল করে সোল্ডার করে দিন। আর বিপরীত দিকের সাথে ২৯১নং চিত্রের ন্যায় ১000 ওমস্ ও ১৫,000 ওমস্‌কে সিরিজে লাগিয়ে শেষ মুখটা চেসিসে সোল্ডার করে দিন। এইবার মেন on করে দিয়ে ভোল্ট মিটারের খোলা মুখটাকে প্রথমে সিরিজে লাগান, রেজিষ্ট্যান্স

গুলির ১ চিহ্নিত স্থানে আলগা ভাবে লাগিয়ে কত ভোল্ট হয় তা নোট করে নিন এবং ২ ও ৩ চিহ্নিত স্থানের ভোল্টেজ-গুলিও নোট করুন এবং তাদের মধ্যে তুলনা করুন।

ফলাফল—এইভাবে বিভিন্ন পরিমাণের রেজিট্যান্স দ্বারা গঠিত ভোল্টেজ ডিভাইডার থেকে সার্কিটের বিভিন্ন স্থানে ভিন্ন ভিন্ন ভোল্টেজ সরবরাহের ব্যবস্থা করা যায়। যদিও এক্ষেত্রে, ভোল্টেজগুলির পার্থক্য খুব বেশী হবে না, কারণ ঐ কম পরিমাণ ভোল্টেজযুক্ত আউট-পুটে যে পরিমাণ রেজি-ষ্ট্যান্স ব্যবহার করা হয়েছে, তাতে কেবল ভোল্টেজগুলির পার্থক্যকেই দেখাবার চেষ্টা করা হয়েছে। তবে পাওয়ার সাপ্লাইয়ের এই ডিভাইডার সার্কিটে, উপযুক্ত পরিমাণ রেজি-ষ্ট্যান্সের ব্যবস্থা করে নিজেদের প্রয়োজন মত ভোল্টেজের ব্যবস্থা করা যায়। এ সম্বন্ধে পূর্ব্বে আলোচনা করা হয়েছে।

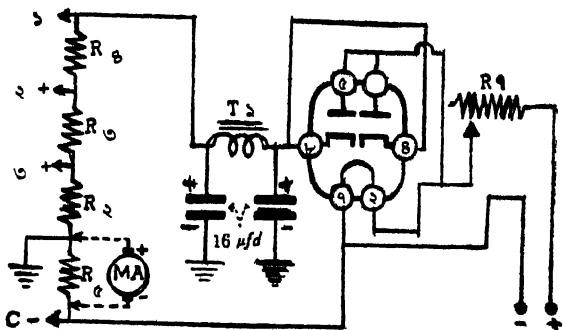
পরীক্ষা—১৭

গ্রিড-বায়াস

পার্টস—২০০ ওমস্ (R_6) রেজিষ্ট্যান্স।

ব্যবহার—এই পরীক্ষাটি ১৬নং পরীক্ষার উপরেই করতে হবে। প্রথমে ৭নং পিন থেকে যে তারটি চেসিসে লাগান ছিল সেটি খুলে ফেলুন এবং তার পরিবর্ত্তে ২০০ ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সটি ৭নং পিন ও চেসিসের মধ্যে লাগিয়ে দেখুন সমস্ত সার্কিটটি ২০৯নং চিত্রের ন্যায় হলো কিনা।

ফলাফল—এই রেজিষ্ট্যান্সটি একটি অতিরিক্ত রেজিষ্ট্যান্স হিসাবে মেন লাইনের নেগেটিভ সাইড থেকে চেসিসের মধ্যে লাগান হয়েছে ফলে চিত্রে—C চিহ্নিত বিন্দুটি চেসিসের

তুলনায় হবে নেগেটিভ। কাজে কাজেই যদি কোন টিউবের ক্যাথোডকে চেসিসের সাথে লাগিয়ে গ্রিডকে এই বিন্দুতে যুক্ত করা যায় তাহলে ঐ বিন্দুটি গ্রিডকে নেগেটিভ ব্যায়াস

২৯২নং চিত্র

যোগান দেবে। এইভাবেই অনেক রিসিভারে গ্রিড-ব্যায়াসের ব্যবস্থা থাকে।

পরীক্ষা—১৮

গ্রিড—ব্যায়াস ভোল্টেজ

পার্টস—১৭নং পরীক্ষায় ব্যবহৃত পার্টসগুলি।

ব্যবহার—পূর্ব্বের পরীক্ষা নিয়েই কাজ চলবে। ভোল্ট মিটার হিসাবে ব্যবহৃত মিলি এ্যামমিটার ও ১০,০০০ ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সটি চেসিস থেকে খুলে ফেলুন। দেখবেন যেন অন্যান্য অংশগুলি খুলে না যায়। এইবার মেন স্যুইচ on করে দিন। কিছুক্ষণ বাদে যখন ফিলামেণ্ট উত্তপ্ত হয়ে উঠবে তখন ঐ মিলি এ্যামমিটারের দুই প্রান্তে দুইটি তার লাগিয়ে

২৯২নং চিত্রে ডট লাইন দ্বারা অঙ্কিত চিত্রের ন্যায় মিলি এ্যাম-মিটারের পজিটিভ টার্মিনাল চেসিসের দিকে এবং নেগেটিভ টার্মিনালকে C চিহ্নিত বিন্দুতে আল্‌গাভাবে লাগিয়ে মিটার নির্দ্দেশের প্রতি লক্ষ্য রাখুন।

ফলাফল—মিটার নির্দ্দেশটি, রেজিষ্ট্যান্সের অ্যাক্রশে কিছুটা ভোল্টেজ ড্রপের নির্দ্দেশ দেবে। ·আবার যেহেতু মিটারের পজিটিভ টার্মিনালটি চেসিসের সাথে লাগান এবং C বিন্দুটি চেসিসের তুলনায় নেগেটিভ, সেইহেতু মিটারে নির্দ্দেশিত ভোল্টেজ হবে নেগেটিভ, আবার যদি এই স্থানটি কোন টিউবের গ্রিডের সাথে যুক্ত থাকে. তাহলে এই ভোল্টেজ হবে টিউবের গ্রিডে প্রেরিত নেগেটিভ গ্রিড-ব্যায়াস ভোল্টেজের পরিমাণ। কাজে কাজেই উপযুক্ত পরিমাণ রেজিষ্ট্যান্সের সাহায্যে প্রয়োজনীয় গ্রিড-ব্যায়াস ভোল্টেজের ব্যবস্থা এই ভাবেই করা যায়।

ষোড়শ অধ্যায়

দু'ভ্যালভ নিয়ে পরীক্ষা

এতক্ষণ পর্য্যন্ত এক ভ্যালভের সাহায্যে যে সকল পরীক্ষা দেখান হলো আশা করি তা থেকে পাওয়ার সাপ্লাই সম্বন্ধে একটা মোটামুটি ধারণা করতে পেরেছেন। এইবার আপনারা দু'ভ্যালভ, তিন ভ্যালভ প্রভৃতি পরীক্ষাগুলি আরম্ভ করতে পারেন। দু'ভ্যালভ নিয়ে পরীক্ষার কাজে যে যে পার্টসগুলি দরকার তার মধ্যে যেগুলি পূর্ব্বে ব্যবহৃত হয়েছে সেগুলি বাদে নূতন পার্টসগুলি দেওয়া হলো—

6C5-GT টিউব ... ... ১ টি
হেডফোন ... ... ১ ,,
·০০০৫ মাইক্রোফ্যারড ভেরিয়েবল কন্‌ডেন্সার ... ১ ,,
·০০০৩ ,, ,, ,, ... ১ ,,
·০০০১ ,, মাইকা ,, ... ১ ,,
·০০০২ ,, ,, ,, ... ১ ,,
·০০৫ ,, পেপার ,, ... ১ ,,
·০১ ,, ,, ,, ... ১ ,,
$R_{৮}$—১ মেগ ওমস্ রেজিষ্ট্যান্স ... ১ ,,
$R_{৯}$—৫০০০ ,, ,, ... ১ ,,
$R_{১০}$—৫০ কিলো ওমস্ ,, ... ১ ,,
$R_{১১}$—২০০ ওমস্ ,, ... ১ ,,
$R_{১২}$—১০০ ,, ,,

অন্যান্য—

নব্ (knob)	...	...	২ টি
৬ পিন্ কয়েল ফরমার	...	...	১ ,,
৬ পিন্ ভ্যালভ বেস্	...	...	১ ,,
৮ পিন্ ভ্যালভ বেস্	...	...	১ ,,

এ ছাড়া ৩৭নং এনামেল কপার তার, সার্কিট কানেকশনের জন্য গজ তিনেক তার, ৪টি ($\frac{1}{16}$" ইঞ্চি) নাট-বল্টু ইত্যাদি।

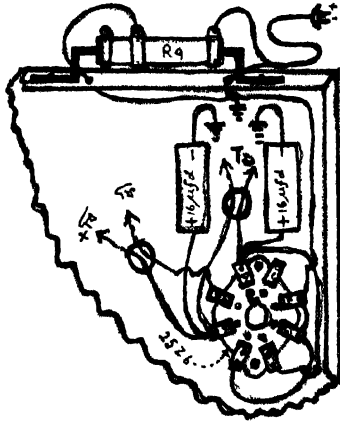
পরীক্ষা—১৯

পাওয়ার সাপ্লাই

পার্টস—১৮নং পরীক্ষার পার্টসগুলি।

ব্যবহার—১৮নং পরীক্ষার (২৯২নং চিত্র) পাওয়ার সাপ্লাই-য়ের আউট-পুটে যে চারিটি রেজিষ্ট্যান্স সিরিজে লাগান আছে সেগুলি খুলে রেখে দিন। ৭নং পিন থেকে মেন লাইনের তারটি খুলে চেসিসের গায়ে সোল্ডার করে দিন। মোটের উপর সমস্ত সার্কিটটি ২৯৩নং চিত্র অনুকরণ করে সংযোগ করবার ব্যবস্থা করুন, চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাবেন সমস্ত সার্কিটটি ২৮৯নং চিত্রেরই রূপান্তর মাত্র অর্থাৎ এক্ষেত্রে তার প্র্যাকটিক্যাল সার্কিটকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। চিত্রটিকে ভালভাবে লক্ষ্য করলে দেখতে পাবেন এক্ষেত্রে ভোল্ট মিটারটিকে বাদ দেওয়া হয়েছে এবং ৬নং পিন্ থেকেই H. T. সাপ্লাই নেওয়ার জন্য স্থানটি বি+ দিয়ে চিহ্নিত করা হয়েছে। আর ৭নং পিনে কোন সংযোগ না করে কেবল "ফি" এই চিহ্ন দেওয়া হয়েছে, তার কারণ হচ্ছে এই পাওয়ার সাপ্লাইটির সাথে পরবর্ত্তী টিউবটি যুক্ত করেই পরীক্ষা

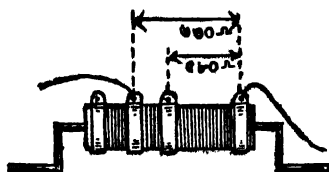
চালাতে হবে। কাজে কাজেই পরবর্ত্তী টিউবটির ফিলামেণ্টকে এই টিউবের সাথে সিরিজে সংযোগ করবার জন্যই ৭নং পিন থেকে খানিকটা তার বের করে রাখা হয়েছে।

আমাদের পরবর্ত্তী টিউবটি হচ্ছে 6C5, তার ফিলামেণ্ট ভোল্টেজ হচ্ছে ছয় ভোল্ট (৬'৩) আর কারেণ্ট '৩ এ্যাম্পিয়ার অতএব সমস্ত ফিলামেণ্ট সার্কিটের জন্য দরকার মোট

২৯৩নং চিত্র

(২৫ + ৬)=৩১ ভোল্ট। কাজে কাজেই এই অতিরিক্ত ছয় ভোল্টকে সরবরাহ করার জন্য L. T. রেজিষ্ট্যান্সকে পুনরায় adjust করে নিতে হবে। যেমন—

২২০—৩১ = ১৮৯ ভোল্ট।

$$R = \frac{E}{I} = \frac{১৮৯}{.৩} = ৬৩০ \text{ ওমস}$$

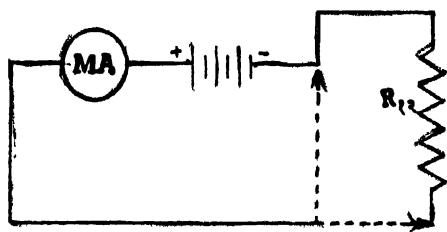
ফলাফল—এই ভাবে যে পাওয়ার সাপ্লাইকে গঠন করা হলো সেটি পরবর্ত্তী সব কয়টি পরীক্ষাতেই ব্যবহৃত হবে। রেক্‌টিফায়ার টিউবের প্লেটটি ড্রপিং রেজিষ্ট্যান্সের ফিলামেণ্ট সাইডে সংযুক্ত থাকায় আউট-পুটে লো-ভোল্টেজ পাওয়া যাবে। কাজ করতে গিয়ে যাতে টিউবটি নষ্ট না হয় তার জন্যই এইরূপ লো-ভোল্টেজের ব্যবস্থা করা হয়েছে। পরীক্ষামূলক কাজের জন্য এই লো-ভোল্টেজই যথেষ্ট। তবে আর একটু হাই-ভোল্টেজ নিয়ে কাজ করতে যারা চান তারা ২৯৪নং চিত্রের ন্যায় L.T. রেজিষ্ট্যান্সের গায়ে আর একটি

২৯৪নং চিত্র

নূতন ক্লাম্পের ব্যবস্থা করে এবং প্লেটকে ফিলামেণ্ট সাইড থেকে খুলে ঐ নূতন ক্লাম্পে লাগিয়ে কাজ করতে পারেন। এক্ষেত্রে ৫৮০ ওমস্ (প্লেট ভোল্টেজ ৪৬ ভোল্ট) হলেই চলবে।

আমি যে মিলি এ্যামমিটার উল্লেখ করেছি তার সাহায্যে কিভাবে রেজিষ্টান্সের ওমস্ মাপা যায় সেই সম্বন্ধে কিছু উল্লেখ করছি—

ওমমিটার :—

এই মিলি এ্যামমিটার স্কেল হচ্ছে ১৫ মিলি এ্যাম্পিয়ার পর্য্যন্ত। এর অভ্যন্তরীন রেজিষ্ট্যান্স হচ্ছে ২৯৫ ওমস্।

এই মিলি এ্যামমিটারের সাথে তিনটি ১'৫ ভোল্ট সেল বা ব্যাটারীকে সিরিজে সংযোগ করে ২৯৫নং চিত্র অনুযায়ী তারের মুখ দুইটিকে সর্ট করুন এবং মিটারের যত কারেন্ট নির্দ্দেশ দেয় তা নোট করুন। পুনরায় ঐ কারেন্ট নির্দ্দেশকে ভোল্টে পরিণত করুন এবং কত ভোল্ট হয় দেখুন। এখন একটি ১00 ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সকে মিটার ও ব্যাটারীর সাথে সিরিজে (২৯৭নং চিত্র দেখুন) লাগান এবং মিটারের নির্দ্দেশিত

২৯৫নং চিত্র

কারেন্টকে নোট করুন, পুনরায় তাকে ভোল্টে নিয়ে আসুন। এইবার রেজিষ্ট্যান্স বিহীন সার্কিটের ভোল্টেজ দিয়ে ভাগ করুন। মোট ভাগফল থেকে ১ বিয়োগ করুন। এইবার ঐ বিয়োগ ফলকে ২৯৫ দিয়ে (মিটারের অভ্যন্তরীণ রেজিষ্ট্যান্স) গুণ করলেই অজানা রেজিষ্ট্যান্সটির (এক্ষেত্রে ১00 ওমস্) পরিমাণ পাওয়া যাবে।

উপরে রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ নির্ণয়ের যে উপায়টি দেওয়া হলো সেটি সহজভাবে মনে রাখবার জন্য সূত্রাকারে দেখান হলো—

$$Rx = Rm \times \left[\frac{E_১}{E_২} - ১\right]$$

এখানে R_x = অজানা (রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ)।

R_{in} = মিটারের আভ্যন্তরীণ রেজিষ্ট্যান্স।

$E_১$ = রেজিষ্ট্যান্স বিহীন সার্কিটের পরিমাণ।

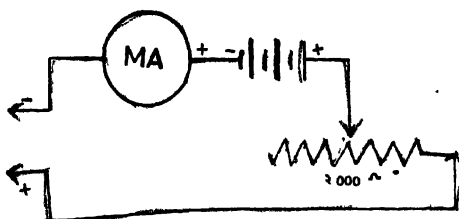
$E_২$ = রেজিষ্ট্যান্স যুক্ত সার্কিটের পরিমাণ।

এই সূত্র দ্বারা অজানা রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ নির্ণয় করা গেলেও রেজিষ্ট্যান্সের accuracyর দিক দিয়ে এর সম্বন্ধে নিঃসন্দেহ হওয়া যায় না। তাই যে ধরণের ওম মিটারের সাহায্যে অভাব দূর করা যায় তাকে বলে সিরিজ-ওম-মিটার। এই সিরিজ-ওম-মিটারকেই সাধারণতঃ বেশীর ভাগ ক্ষেত্রে ব্যবহার করতে দেখা যায়।

এই মিটারটি নির্ম্মাণের জন্য প্রয়োজন, চারিটি ১.৫ ভোল্ট সেল বা ব্যটারী, একটি ২000 ওমস্ পোটেনশিও মিটার ($R_৬$) ও মিলি এ্যামমিটার।

এই মিলি এ্যামমিটার দ্বারা পরিমাণ নির্ণয় করতে ওম সূত্রের প্রয়োজন হয়। কারণ আমাদের মিটারের আভ্যন্তরীণ রেজিষ্ট্যান্স দিয়ে মিটার স্কেলের ১৫ মিলি এ্যাম্পিয়ারকে (·০১৫ এ্যাম্পিয়ার) গুণ করলেই দেখতে পাব মিটারটির ৪·৪২০ ভোল্ট (অর্থাৎ ৪½ ভোল্ট) পর্য্যন্ত সহন শক্তি আছে। কাজে কাজেই চারিটি সেলের বা ব্যাটারীর মোট ছয় ভোল্টকে সিরিজে লাগালেই মিটারটি নষ্ট হয়ে যাবে। সেইজন্য হিসাব করে দেখা গেল এই ছয় ভোল্ট ব্যাটারীকে মিটারটির সাথে সিরিজে ব্যবহার করতে হলে সার্কিটের মোট রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ $R = \frac{E}{I} = \frac{৬}{·০১৫} = ৪০০$ ওমস হওয়া

প্রয়োজন কিন্তু সার্কিটে আছে মাত্র ২৯৫ ওমস্। এখনও ১০৫ ওমসের প্রয়োজন।

২৯৬নং চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাব একটি ২000 ওমস্ পোটেনশিওমিটারকে মিলিএ্যামিটার ও ব্যাটারীর সাথে সিরিজে সংযুক্ত করা হয়েছে ফলে টেষ্ট প্রড্ দুটিকি শর্ট করে পোটেনশিওমিটারকে adjust করে, মিটার কাঁটাটিকে ১৫ মিলির ঘরে রাখলেই মিটার সার্কিটের মোট ভোল্টেজ হবে ৬, আর মিটার নির্দ্দেশ হবে ১৫ মিলিএ্যাম্পিয়ার।

২৯৬নং চিত্র

অতএব সার্কিটের মোট রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ হবে (৬÷'০১৫) ৪00 ওমস্। কাজে কাজেই দেখা যাচ্ছে পোটেনশিওমিটারকে adjust করেই সার্কিটের বাকি ১0৫ ওমসের ক্ষতিপূরণ করা হয়। অর্থাৎ এমন এক পরিমাণের সৃষ্টি করা হয়, যার দ্বারা ছয় ভোল্ট চাপের ফলে মিটারে ঠিক ১৫ মিলি এ্যাম্পিয়ার কারেন্ট যাবে অর্থাৎ মিটার কাঁটাটি পূর্ণ স্কেলে এসে দাঁড়াবে। ওমমিটার স্কেলের ডানদিকের ঐ সর্ব্বশেষ পয়েন্টটিই শূন্য বা zero পয়েন্ট বলা হয়ে থাকে অর্থাৎ ছয় ভোল্ট চাপে মিটারের পূর্ণ স্কেলে সার্কিটে মোট Zero Resistance। তাই এই পোটেনশিও-

মিটারকে বলে Zero adjustment। এইবার অজানা রেজিষ্ট্যান্সটি টেষ্ট প্রডের দুইদিকে লাগিয়ে মিটার নির্দ্দেশ যা হবে তাকে রেজিষ্ট্যান্সে পরিণত করে, ওম মিটার সার্কিটের মোট রেজিষ্ট্যান্স দিয়ে বিয়োগ করলেই অজানা রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ জানা যাবে।

উদাহরণ স্বরূপ যেমন ধরা যাক্ টেষ্ট প্রডের দুই মাথায় একটি অজানা রেজিষ্ট্যান্স লাগানোর ফলে মিটার কাঁটাটি ১২ মিলি এ্যাম্পিয়ারের নির্দ্দেশ দিল। এখন ঐ নির্দ্দেশকে রেজিষ্ট্যান্সে পরিণত করলে হয়—

$$R = \frac{E}{I} = \frac{৬}{\cdot০১২} = ৫০০ \text{ ওমস।}$$

এই ৫০০ ওমস্‌কে ওম মিটারের মোট ৪০০ ওমস রেজিষ্ট্যান্স দিয়ে বিয়োগ করলে হয় (৫০০ – ৪০০) ১০০ ওমস্।

∴ ১০০ ওমস্ হচ্ছে অজানা রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ।

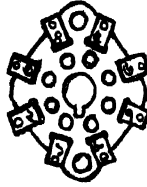
এইভাবে একটি ২০০ ওমস্ রেজিষ্ট্যান্স লাগালে মিটার নির্দ্দেশ দেবে ১০ মিলি এ্যাম্পিয়ার, ৫০০ ওমসে হবে প্রায় ৬·৭ মিলি এ্যাম্পিয়ার এবং যদি ১০০০ ওমস্ লাগান যায় তাহলে মিটার নির্দ্দেশ দেবে প্রায় ৪·৩ মিলি এ্যাম্পিয়ার। এইভাবে ওম-মিটারের সাহায্যে অজানা রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ নির্ণয় করা যায়।

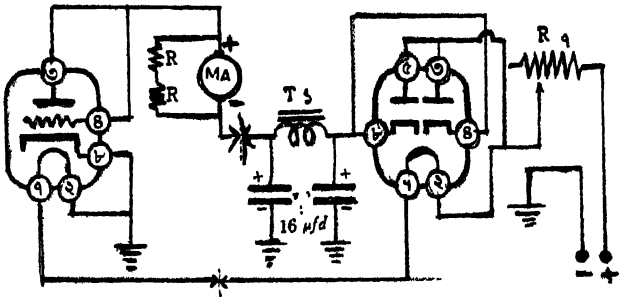
পরীক্ষা—২০

6C5 টিউবের সংযোগ ব্যবস্থা

পার্টস—পাওয়ার সাপ্লাই, মিলি এ্যামমিটার ১০০ ওমস্ ($R_{১২}$) ও ২০০ ওমস্ ($R_{১১}$) রেজিষ্ট্যান্স, আটপিন

ভ্যালভ বেস, 6C5-GT টিউব, দুইটি নাট বল্ট এবং কানেক্‌শনের জন্য তার।

ব্যবহার—২৯৭নং চিত্রের আটপিন ভ্যালভ্ বেসটি

২৯৭নং চিত্র।

২৭৭নং চিত্রে অঙ্কিত চেসিসের (খ) চিহ্নিত ছিদ্রে বসিয়ে নাট বল্টু দিয়ে ভাল করে লাগিয়ে দিন। এইবার খানিকটা তার দিয়ে ২নং পিনটিকে পাওয়ার সাপ্লাইয়ের "ফি" চিহ্নিত

২৯৮নং চিত্র।

পিনের (৭নং পিনের) সাথে লাগিয়ে দিন। পুনরায় ঐ নূতন লাগান ভ্যালভ বেসের ৭নং ও ৮নং পিনকে ২৯৮নং চিত্রের ন্যায় শর্ট করে চেসিসের সাথে লাগিয়ে দিন। মিলি

এ্যামমিটারটি টেবিলের কোন স্থানে খাড়া ভাবে দাঁড় করিয়ে তার দুই প্রান্তে, সিরিজে যুক্ত ১০০ ওমস্ ও ২০০ ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সকে চিত্র অনুযায়ী প্যার‍্যালালে লাগিয়ে দিন। পুনরায় ভ্যালভ বেসের ৩নং ও ৫নং পিনকে শর্ট করে মিটারের নেগেটিভ প্রান্তে যুক্ত করুন এবং মিটারের অবশিষ্ট পজিটিভ প্রান্তকে পাওয়ার সাপ্লাইয়ের বি+ চিহ্নিত পিনে (৬নং পিনে) সংযুক্ত করুন। এইবার প্লাগটিকে কেশীল বোর্ডের ২নং প্লাগে লাগিয়ে ফিলামেন্ট সার্কিট শর্ট আছে কিনা পরীক্ষা করুন। পুনরায় প্লাগটি ২নং থেকে খুলে ৩নং প্লাগে লাগিয়ে সুইচ্ on করে দিন এবং মিটারের কত মিলি এ্যাম্পিয়ার দেখায় তা নোট করুন।

ফলাফল—সার্কিটটি যদি ঠিক ঠিক সংযোগ হয় তবে সুইচ্ on করার ফলে ক্যাথোড থেকে ইলেকট্রন নির্গত (emit) হতে থাকবে এবং মিটারের কাঁটাটিও ধীরে ধীরে ডান দিকে সরতে থাকবে এর দ্বারা ইহাই প্রমাণিত হয় যে ফিলামেন্ট উত্তপ্ত হওয়ার ফলে এবং প্লেটটি পজিটিভ চার্জযুক্ত থাকায় ক্যাথোড থেকে ইলেকট্রন নির্গত হয়ে প্লেট দ্বারা আকৃষ্ট হচ্ছে ফলে প্লেট ক্যাথোড সার্কিটে কারেন্ট প্রবাহিত হচ্ছে।

চিত্রটি লক্ষ্য করলে দেখতে পাব প্লেট কারেন্টকে মাপবার জন্য যে মিলিএ্যামমিটারকে এ্যাম্পিয়ার মিটার বা এ্যামমিটার হিসাবে .ব্যবহার করা হয়েছে তার প্যার‍্যালালে ১০০ ওমস্ ও ২০০ ওমস্কে সিরিজে লাগান হয়েছে তার কারণ হচ্ছে আমাদের মিটারটি ১৫ মিলি এ্যাম্পিয়ার পর্য্যন্ত প্রবাহ গ্রহণ করতে পারে তাই যাতে ১৫ মিলি এ্যাম্পিয়ারের বেশী প্রবাহের কারেন্টের ফলে মিটারটি নষ্ট হয়ে না যায় তার জন্য রেজিষ্ট্যান্স

দুটিকে 'মিটার-শাণ্ট' হিসাবে ব্যবহার করে মিটার স্কেলকে ডবল করা হয়েছে অর্থাৎ ৩০ মিলি এ্যাম্পিয়ার পর্য্যন্ত কারেন্ট নির্দ্দেশ দেবার ব্যবস্থা করা হয়েছে।

কি ভাবে মিলি এ্যামমিটার বা এ্যামমিটারের স্কেলকে ডবল, তিন-ডবল, চার-ডবল প্রভৃতি ইচ্ছামত যে কোনও স্কেলে আনয়ন করা যায় এবং তার জন্য মিটার শাণ্টের পরিমাণ কিভাবে নির্ণয় করতে হয় সে সম্বন্ধে এখন কিছু বলব।

এ্যামমিটার :—

পূর্ব্বেই বলেছি আমাদের মিটারটি ১৫ মিলি এ্যাম্পিয়ারের এবং তার অভ্যন্তরীন রেজিষ্ট্যান্স হচ্ছে ২৯৫ ওমস্। এখন যদি মিটারটির সাথে সিরিজে ব্যাটারী সংযোগ করে মিটারটির ১৫ মিলি এ্যাম্পিয়ার কারেন্ট প্রবাহের ব্যবস্থা করা যায় তাহলে মিটারের কাঁটাটি পূর্ণ স্কেলের নির্দ্দেশ দেবে। এইবার যদি একটি মোটা তার দিয়ে মিটার টার্মিনাল দুইটি শর্ট করে দিই তাহলে সমস্ত কারেন্ট মোটা তারের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হবে ফলে মিটারের মধ্য দিয়ে কোন কারেন্ট প্রবাহিত না হওয়ায় কাঁটাটি শূন্যের ঘরে এসে পড়বে। কিন্তু যদি মোটা তারের পরিবর্ত্তে একটি ২৯৫ ওমস্ (৩০০ ওমস্ হলেও চলবে) রেজিষ্ট্যান্স দিয়ে মিটারের দুইপ্রান্ত শর্ট করে দিই তাহলে মিটারের অভ্যন্তরীন রেজিষ্ট্যান্স ও তার বাহিরের রেজিষ্ট্যান্স সমান পরিমানের হওয়ায় মোট কারেন্ট, দুইটি পথে প্রবাহিত হবে অর্থাৎ অর্দ্ধেক মিটারের মধ্যে দিয়ে, এবং বাকি অর্দ্ধেক বাহিরের রেজিষ্ট্যান্সের মধ্য দিয়ে, ফলে মিটারের কাঁটা শূন্যের ঘর ছেড়ে অর্দ্ধ স্কেলে (পূর্ণ স্কেলের মধ্য পথে অর্থাৎ এক্ষেত্রে ৭'৫ মিলি এ্যাম্পিয়ারের ঘরে) এসে দাঁড়াবে। এক্ষেত্রে বাহিরের পথকে বলা হয় **মিটার-শাণ্ট**।

তাহলে দেখা যাচ্ছে এই অবস্থায় মোট সার্কিটে রয়েছে ১৫ মিলি এ্যাম্পিয়ার প্রবাহ কিন্তু মিটারটি নির্দ্দেশ দিচ্ছে মাত্র তার অর্দ্ধেক। এক্ষেত্রে কারেণ্টের পরিমাপকে জানতে হলে মিটারের নির্দ্দেশকে দুই দিয়ে গুণ করতে হবে, কাজে কাজেই পূর্ণ স্কেলের নির্দ্দেশকে পড়তে হবে (১৫×২) ৩০ মিলি এ্যাম্পিয়ার। মিটারের এই অবস্থাকে সংক্ষেপে বলা হয়, মিটার-রেঞ্জ হচ্ছে ডবল।

এইবার দেখা যাক্ কি ভাবে মিটার-শাণ্টের পরিমাণ নির্ণয় করতে হয়।

মিটার শাণ্ট্ নির্ণয়ের সহজ সূত্র হচ্ছে—

$$R_s = R_m \times \frac{I_m}{I_s}$$

এক্ষেত্রে Rs = শাণ্ট রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ।

Rm = মিটারের অভ্যন্তরীন রেজিষ্ট্যান্স।

Is = শাণ্টের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত কারেণ্ট।

Im = মিটারের নির্দ্দিষ্ট কারেণ্ট।

উদাহরণ স্বরূপ যেমন মনে করা যাক, যে এই মিটার দিয়ে আমরা ৭৫ মিলি এ্যাম্পিয়ার পর্য্যন্ত কারেণ্ট মাপতে চাই। অর্থাৎ আমাদের মিটার স্কেলকে ৫ গুণ করতে চাই। এক্ষেত্রে পূর্ণ স্কেলের জন্য ৭৫ মিলি এ্যাম্পিয়ারের মধ্যে ১৫ মিলি এ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট প্রবাহিত হবে মিটারের মধ্য দিয়ে আর বাকি (৭৫ − ১৫) ৬০ মিলি এ্যাম্পিয়ার কারেণ্ট প্রবাহিত হবে শাণ্ট্ পথে। এইভাবে Is এর পরিমাণ আমরা পেলাম ৬০ মিলি এ্যাম্পিয়ার, মিটারের অভ্যন্তরীন রেজিষ্ট্যান্স Rm হচ্ছে ২৯৫ ওমস্। Im হচ্ছে ১৫ মিলি এ্যাম্পিয়ার।

এইবার সংখ্যাগুলিকে সূত্রের পরিবর্ত্তে বসালে শাণ্টের পরিমাণ হবে—

$$Rs = Rm \times \frac{Im}{Is}$$

$$= ২৯৫ \times \frac{১৫}{৬০}$$

$$= \frac{৪৪২৬}{৬০}$$

$$= ৭৩\cdot৭৫ \text{ ওমস্।}$$

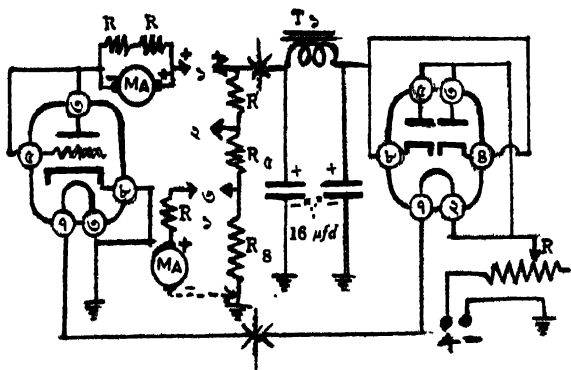
ঠিক ৭৩·৭৫ ওমসের কোন রেজিষ্ট্যান্স পাওয়া যায় না। এক্ষেত্রে একটি ১00 ওমস্ ও একটি ২00 ওমসকে প্যারালালে লাগিয়ে মিটার-শাণ্ট্ হিসাবে ব্যবহার করলেই চলবে কারণ হিসাব করলে দেখতে পাব এদের মোট রেজিষ্ট্যান্স হয় প্রায় ৬৭ ওমস্। এইভাবে মিটার-শাণ্টের সাহায্যে ইচ্ছামত যে কোন পরিমাণের কারেণ্ট পরিমাপ করার ব্যবস্থা করা যায়।

পরীক্ষা—২১

ডায়োডের ব্যবহার

পার্টস—৫000 ওমস্ ($R_৯$), ২000 ওমস্ ($R_৫$) ৫00 ওমস্ ($R_৪$) এবং ১0,000 ওমস্ ($R_১$) রেজিষ্ট্যান্স।

ব্যবহার—২০নং পরীক্ষায় যে সার্কিটকে গঠন করা হয়েছে তাকেই এই পরীক্ষায় ব্যবহার করতে হবে। প্রথমেই একটি ৫000 ওমস্, ২00 ওমস্ ও ৫00 ওমস্কে সিরিজে লাগিয়ে ২৯৯নং চিত্র অনুযায়ী একপ্রান্ত পাওয়ার সাপ্লাইয়ের বি+

(৬নং পিনে) এবং অপর প্রান্ত চেসিসে সোল্ডার করে দিন। এইবার মিটারটিকেও প্লেট থেকে খুলে ফেলুন এবং একটি ১০,০০০ ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সকে মিটারটির সাথে সিরিজে লাগিয়ে ভোল্ট মিটার গঠন করুন। চিত্রে ভাঙ্গা ভাঙ্গা লাইন দ্বারা যেভাবে দেখান হয়েছে সেইভাবে ভোল্ট মিটারের নেগেটিভ টার্মিন্যালকে চেসিসে লাগান এবং সুইচ্ on করে দিয়ে ভোল্টেজ ডিভাইডারের বিভিন্ন স্থানের (১,২,৩ ভোল্টেজ

২৯৯নং চিত্র

মেপে দেখুন কত হয় এবং তা নোট করে রাখুন এবং সুইচ off করে দিন (মনে রাখবেন মিটারের যত মিলি এ্যাম্পিয়ার নির্দ্দেশ দেবে তাকে ১০ দিয়ে গুণ করিলেই ভোল্ট পাওয়া যাবে)।

পুনরায় ভোল্ট মিটারটিকে সার্কিট থেকে খুলে ফেলুন, সেই সাথে সিরিজে লাগান ১০,০০০ ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সটিকেও আলাদা করে ফেলুন। মিটার-শান্ট দুইটি মিটারের দুই প্রান্তে লাগিয়ে তার নেগেটিভ টার্মিন্যালকে প্লেটে লাগিয়ে

সুইচ্ on করুন এবং পজিটিভ টার্মিনালকে ভোল্টেজ ডিভাইডারের ১,২,৩ চিহ্নিত স্থানে আল্লা ভাবে লাগান এবং কত কারেন্ট নির্দ্দেশ দেয় তা নোট করে রাখুন।

ফলাফল—টিউবের গ্রিডকে প্লেটের সাথে যুক্ত করে দেওয়ার ফলে ট্রায়োড টিউবটি ডায়োড হিসাবে কাজ করবে। এই পরীক্ষায় ইহাই দেখান হয়েছে যে ডায়োড টিউবের প্লেট ভোল্টেজকে যদি ভ্যারি (vary) করান হয়, তাহলে প্লেট কারেন্টও ভ্যারি করবে। কতখানি ভোল্টেজের ফলে কত খানি কারেন্ট ভ্যাবি করল তা জানতে পারা যায় যদি নোট করা ভোল্টেজ ও কারেন্টগুলি দিয়ে একটি কার্ভ আঙ্কন করা যায়। কি ভাবে কার্ভ অঙ্কন করতে হয় সে সম্বন্ধে পূর্ব্বে আলোচনা করা হয়েছে।

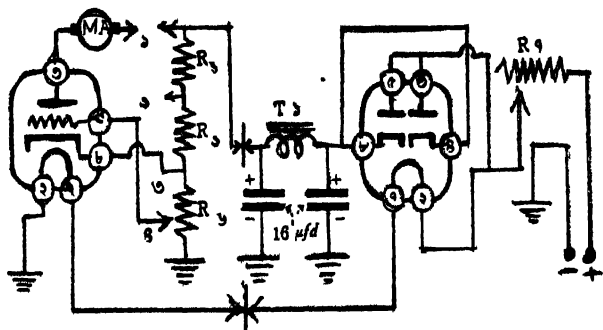
পরীক্ষা—২২

ডায়োড নিয়ে পরীক্ষা

পার্টস—১৫,০০০ ওমস্ ($R_২$) ও ২০০০ ওমস্ ($R_৬$) পোটেনশিও মিটার।

ব্যবহার—২১নং পরীক্ষার সার্কিট নিয়েই পরীক্ষা করতে হবে। তবে ভোল্টেজ ডিভাইডারে যে তিনটি রেজিষ্ট্যান্সকে সিরিজে লাগান হয়েছিল তার মধ্যে ৫০০০ ওমস্কে রেখে দিয়ে বাকি ৫০০ ওমস্ ও ২০০ ওমস্কে খুলে ফেলে তার পরিবর্ত্তে ৩০০নং চিত্র অনুযায়ী ১৫০০০ ওমস্ ও ২০০০ ওমস্ পোটেনশিওমিটারকে সিরিজে লাগিয়ে দিন। গ্রিডকে প্লেটের মুখ থেকে খুলে নিয়ে পোটেনশিওমিটারের মধ্য টার্মিনালে

লাগিয়ে দিন। পুনরায় ক্যাথোডকে চেসিস থেকে খুলে নিয়ে ১৫০০০ ওমস ও ২০০০ ওমসের মধ্যস্থলে জুড়ে দিন।

এইবার সার্কিটকে ভাল ভাবে লক্ষ্য করলেই দেখতে পাবেন ক্যাথোডকে ভোল্টেজ ডিভাইডারের এমন স্থানে জুড়ে দেওয়া হয়েছে যে, স্থানটি চেসিসের তুলনায় বা গ্রাউণ্ডের তুলনায় পজিটিভ পোটেনশিয়ালে থাকবে। সুতরাং কণ্ট্রোল গ্রিডকে পোটেনশিওমিটারের সাথে যুক্ত করায় পোটেনশিও-মিটারকে ঘুরিয়ে যে স্থানেই রাখিনা কেন গ্রিড সব সময়ই

৩০০নং চিত্র

ক্যাথোডের তুলনায় নেগেটিভ ভোল্টেজ পাবে। তবে পোটেনশিওমিটারের যে স্থানের ফলে ক্যাথোড ও গ্রিডের মধ্যে শূন্য (zero) রেজিষ্ট্যান্স হবে তখন গ্রিডের ভোল্টেজও শূন্য (zero) হবে।

সুইচ্ on করবার পূর্ব্বে ২১নং পরীক্ষায় যে মিটার শাণ্ট গুলি (২০০ ও ১০০ ওমস) লাগান হয়েছিল, মিটার থেকে খুলে ফেলুন এবং কেবল [illegible] মিটারের নেগেটিভ প্রান্তকে প্লেটে যুক্ত করে রাখুন। [illegible] সুইচকে on করবার পর

মিটারের ঐ পজিটিভ টার্মিনালকে প্রথমে ১ চিহ্নিত স্থানে লাগান এবং পোটেনশিওমিটারকে সম্পূর্ণ ঘুরিয়ে মিটার নির্দ্দেশকে মনে করে রাখুন। পুনরায় ২ চিহ্নিত স্থানে লাগান ও পোটেনশিওমিটার সম্পূর্ণ ঘুরিয়ে মিটার নির্দ্দেশকে নোট করুন এবং উভয়ের মধ্যে তুলনা করুন।

ফলাফল—এখানে ট্রায়োড টিউবের প্রকৃত কার্য্যকারিতাকেই দেখান হয়েছে কারণ পোটেনশিওমিটারকে ভ্যারি করেই আমরা কন্ট্রোল গ্রিডের নেগেটিভ ভোল্টেজ ভ্যারি করেছি। কাজে কাজেই লক্ষ্য করলেই দেখতে পাব যে এই ভ্যারিয়েশনের ফলে টিউবের প্লেট কারেণ্ট ভ্যারি করে। প্র্যাকৃটিক্যাল সার্কিটে প্রকৃত আমরা এই উপায়কেই গ্রহণ করে থাকি। কারণ, সিগন্যাল ভোল্টেজকে কন্ট্রোল গ্রিডে প্রেরণ করেই গ্রিড ভোল্টেজকে ভ্যারি করে থাকি ফলে প্লেট কারেণ্টও ভ্যারি করতে থাকে। আর যখনই ভ্যারিয়েশনযুক্ত কারেণ্ট প্লেট সার্কিটে সংযুক্ত লোডের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হয়, তখনই লোডের অ্যাক্রশে যেরূপ ভ্যারিয়েশনযুক্ত ভোল্টেজের সৃষ্টি হয়, সেই ভ্যারিয়েশন হলো সিগন্যাল ভোল্টেজের অনুরূপ।

পরীক্ষা—২৩

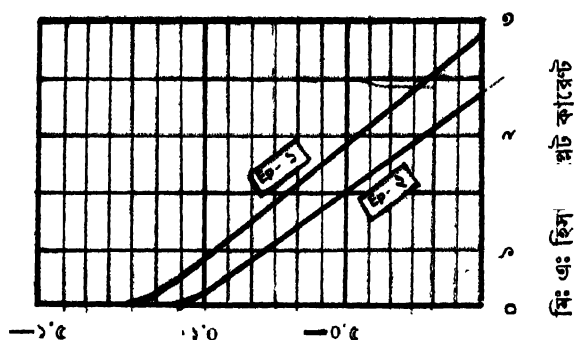
ট্রায়োড টিউবের (Eg—Ip) কার্য্যকারিতা

পার্টস—১০০ ওমস্ ($R_{১২}$) ও ২০০ ওমস্ ($R_{১১}$)।

ব্যবহার—২২নং পরীক্ষা নিয়েই কাজ চলবে। প্রথমে মিলি এ্যামমিটারকে প্লেট সার্কিট থেকে খুলে ফেলুন এবং প্লেটকে সোজা ১ চিহ্নিত স্থানে সংযোগ করে দিন। মিটার-

টিকে ভোল্টেজ ডিভাইডারের ৩ ও ৪ চিহ্নিত স্থানে লাগাবার ব্যবস্থা করুন। মনে রাখবেন ৩ চিহ্নিত স্থানটি ৪ চিহ্নিত স্থানের চেয়ে পজিটিভ পোটেনশিয়ালে থাকায় মিটারের পজিটিভ টার্মিনালকে ৩ চিহ্নিত স্থানে লাগাতে হবে ও নেগেটিভ টার্মিনালকে ৪ চিহ্নিত স্থানে লাগাতে হবে। এইবার ধীরে ধীরে পোটেনশিওমিটারকে ঘুরিয়ে যে স্থানে মিটার নির্দ্দেশ হবে শূন্য অর্থাৎ কোন মিটার নির্দ্দেশ দেখাবে না সেই স্থানে রাখুন। পূর্ব্বেই বলেছি এই স্থানে উভয় বিন্দুর মধ্যে কোন রেজিষ্ট্যান্স না থাকায় গ্রিড ভোল্টেজও হবে শূন্য (zero)।

এইবার পোটেনশিওমিটারকে ঘুরিয়ে যে স্থানে মিটার নির্দ্দেশ ·৫ মিলি (½ এ্যাম্পিয়ার) দেখাবে, নবের নির্দ্দেশ অনুযায়ী চেসিসের সেই স্থানটি চিহ্নিত করে রাখুন যাতে পরে প্রয়োজন হলে সেই চিহ্নিত স্থানকেই ·৫ মিলি এ্যাম্পিয়ারের বলে বুঝা যায়। পুনরায় পোটেনশিওমিটারকে ঘুরিয়ে ১ মিলি এ্যাম্পিয়ারের নির্দ্দেশে রেখে চেসিসের গায়ে চিহ্নিত করুন। এইভাবে যতক্ষণ না পোটেনশিওমিটারটি বিপরীত প্রান্তে এসে উপস্থিত হয় ততক্ষণ পর্য্যন্ত তাকে একটু একটু করে এগিয়ে নিয়ে যান এবং মিটার নির্দ্দেশের প্রতি ½ মিলি এ্যাম্পিয়ার অন্তর একটি করে চিহ্ন দিয়ে যান। মনে রাখবেন এক্ষেত্রে শুধু মাত্র মিটারটিকেই ভোল্ট মিটার হিসাবে ব্যবহার করা হয়েছে। এর পূর্ণস্কেলে মোট ৪½ ভোল্ট পর্য্যন্ত মাপা চলে তাই এর প্রতিটি নির্দ্দেশকে ভোল্টে পরিণত করতে হলে ·৩ দিয়ে গুণ করতে হবে। কাজে কাজেই মিটারের ·৫ মিলির নির্দ্দেশিত ভোল্টেজ হবে ·১৫ ভোল্ট, ১ মিলির নির্দ্দেশ ·৩ ভোল্ট। ১·৫ মিলিতে ৪·৫ ভোল্ট, ২ মিলিতে ·৬ ভোল্ট ইত্যাদি।

এইভাবে চেসিসের প্রতিটি চিহ্নের পাশে ভোল্টেজকে লিখে রেখে মিটারটিকে খুলে ফেলুন এবং তার পরিবর্তে সিরিজে লাগান ১০০ ও ২০০ ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সকে যথাক্রমে ৩ ও ৪ চিহ্নিত স্থানে লাগিয়ে দিন, কারণ মিটারটিকে খুলে নেওয়ার দরুণ রেজিষ্ট্যান্স দু'টিকে তার আভ্যন্তরীন রেজিষ্ট্যান্স হিসাবে ব্যবহার করা হলো। পুনরায় মিটারটি ৩০০নং চিত্র অনুযায়ী প্লেটের সাথে সিরিজে লাগিয়ে দিন এবং মিটারের পজিটিভ টার্মিনালকে প্রথমে ভোল্টেজ ডিভাইডারে

৩০১নং চিত্র

১ চিহ্নিত স্থানে বসান এবং পোটেনশিওমিটারকে চেসিসে চিহ্নিত ·১৫ ভোল্ট, ·৩ ভোল্ট, ৪·৫ ভোল্ট প্রভৃতি প্রত্যেক স্থানের বিভিন্ন গ্রিড ভোল্টেজে রেখে প্লেট কারেন্টের প্রতিটি নির্দ্দেশকে লক্ষ্য করুন। মিটারের পজিটিভ টার্মিনালকে এইবার ২ চিহ্নিত স্থানে লাগিয়ে পুনরায় পোটেনশিওমিটারকে ঘুরিয়ে প্লেট কারেন্টগুলি লক্ষ্য করুন।

এইবার ৩০১নং চিত্র অনুযায়ী একটি গ্রাফ পেপারের উপর প্রতিটি চিহ্নিত স্থানের ভোল্টেজের ফলে কত প্লেট কারেণ্ট দেখায় তাকে চিহ্নিত করলেই ক্যার‍্যাকটারিসটিক গ্রিড ভোল্টেজ (Eg), প্লেট কারেণ্ট (Ip) কার্ভ অঙ্কিত হবে। এই ভাবেই Eg-Ip কার্ভ অঙ্কন করা হয়। প্রাকৃটি-ক্যাল কাজে এর প্রয়োজন অত্যন্ত বেশী।

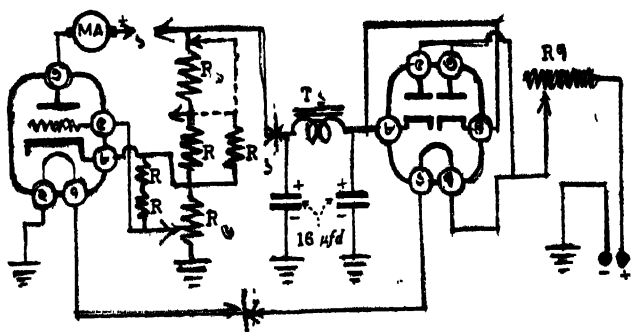
ফলাফল—এই পরীক্ষার মধ্য দিয়ে ট্রায়োড টিউবের গ্রিড ভোল্টেজের ফলে প্লেট কারেণ্টের অবস্থাকে গ্রাফ পেপারের উপর মানচিত্রের ন্যায় অঙ্কন করা হলো। এই কার্ভকে লক্ষ্য করলেই টিউবের কার্য্যকারিতাকে লক্ষ্য করা মাত্রই (at a glance) বুঝে নেওয়া যায়। তবে টিউব প্রস্তুতকারকেরা টিউব ম্যানুয়ালে যেরূপ কার্ভ অঙ্কন করে দেন তার সঙ্গে আমাদের পরীক্ষায় পাওয়া কার্ভের কিছুটা পার্থক্য ঘটতে পারে, কারণ তাদের ন্যায় আমাদের এই মিটারটি তত সূক্ষ্ম যন্ত্র নয়। যাহা হউক কার্ভ অঙ্কনই আমাদের উদ্দেশ্য নয়, আমাদের কেবল এইটুকুই জেনে রাখতে হবে যে, কি ভাবে ট্রায়োড টিউব কাজ করে। আর ক্যার‍্যাকটারিসটিক কার্ভ দেখে আমরা কি বুঝি।

পরীক্ষা—২৪

এ্যামপ্লিফিকেশন ফ্যাক্টর

পার্টস—১০০০ ওমস্ ($R_{৩}$) ২০০ ওমস্ ($R_{১১}$) ১০০ ওমস্ ($R_{১২}$) রেজিষ্ট্যান্স।

ব্যবহার—২৩নং পরীক্ষার সার্কিট নিয়েই পরীক্ষা চলবে, প্রথমে ভোল্টেজ ডিভাইডারের সিরিজে লাগান রেজিষ্ট্যান্স-

গুলির মধ্যে কেবল ৫000 ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সটি খুলে নিয়ে তার পরিবর্ত্তে ১000 ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সটিকে লাগান। পুনরায় ১0,000 ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সটি ৩ এবং ২ চিহ্নিত টার্মিনালে লাগিয়ে সমস্ত সার্কিটটিকে ৩০২নং চিত্রের সাথে মিলিয়ে নিন, এইবার সুইচ on করে মিটারের পজিটিভ টার্মিনালকে ভোল্টেজ ডিভাইডারের ২ চিহ্নিত টার্মিনালে লাগিয়ে পোটেনশিও মিটারকে ঘুরিয়ে যে স্থানে মিটারের ১ মিলি এ্যাম্পিয়ার নির্দ্দেশ দেখাবে ঠিক সেই স্থানে রেখে দিন। ১ মিলি এ্যাম্পিয়ারে

৩০২নং চিত্র

অ্যাডজাষ্ট (adjust) করার পর পোটেনশিওমিটারে যেন আর হাত দেবেন না।

এইবার আস্তে আস্তে মিটারটিকে প্লেট থেকে খুলে নিন এবং খানিকটা তার দিয়ে প্লেটকে ২ চিহ্নিত টার্মিনালে সংযুক্ত করে দিন। 10,000 ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সের একদিক ২ চিহ্নিত টার্মিনাল থেকে খুলে মিটারকে তার সাথে সিরিজে লাগিয়ে ২ ও ৩ চিহ্নিত টার্মিনালে সংযুক্ত করে প্লেট ভোল্টেজ কত হয় দেখুন এবং তা নোট করে নিন। (মনে রাখবেন

এক্ষেত্রে মিটার নির্দ্দেশকে ১০ দিয়ে গুণ করলেই ভোল্ট হবে)। মিটারটিকে খুলে নিয়ে ১০,০০০ ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সকে পুনরায় তার জায়গায় লাগিয়ে দিন। সিরিজে যুক্ত ১০০ ওমস্ ও ২০০ ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সকে খুলে নিয়ে তার পরিবর্ত্তে মিটারকে ৩ ও ৪ চিহ্নিত টার্মিনালে লাগিয়ে গ্রিড ভোল্টেজ কত হয় দেখুন এবং নোট করুন।

(মনে রাখবেন এক্ষেত্রে শুধু মাত্র মিটারকেই ভোল্টমিটার হিসাবে ব্যবহার করায় এর প্রতি মিলি এ্যাম্পিয়ারকে ·৩ দিয়ে গুণ করলেই ভোল্ট হবে)। পুনরায় বলে রাখি যে, যখন মিটারটিকে খুলবেন বা লাগাবেন তখন খুব সাবধান থাকবেন যেন পোটেনশিওমিটারের অ্যাডজাষ্টমেণ্ট নষ্ট হয়ে না যায়।

পুনরায় ১০০ ওমস্ ও ২০০ ওমস্‌কে তাদের পূর্ব্বের স্থানে সংযোগ করে দিন এবং মিটারটিকে পূর্ব্বের ন্যায় প্লেটে লাগিয়ে মিটারের পজিটিভ টার্মিনালকে ভোল্টেজ ডিভাইডারের ১ চিহ্নিত টার্মিনালে যুক্ত করুন। পুনরায় সুইচ্ on করে পোটেনশিওমিটারকে ঘুরিয়ে প্রথমে যত মিলি এ্যাম্পিয়ারে রাখা হয়েছিল, এবারেও ঠিক তত মিলি এ্যাম্পিয়ারে রাখুন। নির্দ্দিষ্ট মিলি এ্যাম্পিয়ারে এ্যাডজাষ্ট করার পর পোটেনশিও-মিটারকে আর মোটেই ঘোরাবেন না কারণ তাতে এ্যাডজাষ্টমেণ্ট নষ্ট হয়ে যেতে পারে। এইবার মিটারকে প্লেট থেকে খুলে নিয়ে প্লেটকে সোজা ১ চিহ্নিত টার্মিনালে লাগিয়ে দিন এবং মিটারকে ১০,০০০ ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সের সাথে সিরিজ সংযোগ করে ও ভোল্টেজ ডিভাইডারের ১ ও ৩ চিহ্নিত টার্মিনালে লাগিয়ে প্লেট ভোল্টেজকে মেপে নিন এবং তা নোট করে রাখুন। পুনরায় মিটারকে খুলে নিয়ে পূর্ব্বের ন্যায় গ্রিড্ ভোল্টেজকেও মেপে দেখুন। এইভাবে একই প্লেট কারেন্টে দুইটি মিটার নির্দ্দেশ পেলাম।

এ্যামপ্লিফিকেশন সম্বন্ধে ভ্যাকুয়াম্ টিউব থিওরীতে বলে—"The amplification factor of a tube is equal to the ratio of a small change in plate voltage to a small change in grid voltage with the plate current remaining constant"। এক্ষেত্রেও প্লেটের ভোল্টেজ পার্থক্য অর্থাৎ change in plate voltage হচ্ছে পূর্ব্বের পাওয়া প্রথম ও দ্বিতীয় প্লেট ভোল্টেজদ্বয়ের বিয়োগ ফলের সমান আর গ্রিডের ভোল্টেজ পার্থক্য হচ্ছে ঐ প্রথম ও দ্বিতীয় গ্রিড ভোল্টেজদ্বয়ের বিয়োগফলের সমান। এখন যদি টিউবের ঐ থিওরী অনুযায়ী প্লেট ভোল্টেজ পার্থক্যকে, গ্রিড ভোল্টেজ পার্থক্য দিয়ে ভাগ করি তাহলে তাদের ভাগফলই হবে টিউবের এ্যামপ্লিফিকেশন ফ্যাক্টর।

সহজ ভাবে মনে রাখার জন্য সমস্ত বিষয়টিকে সূত্রাকারে লিখিলে হয় :—

$$\mu = \frac{\Delta Ep}{VEG}$$

এক্ষেত্রে Δ চিহ্নটি হচ্ছে ভোল্টেজ পার্থক্যের (a change in) চিহ্ন আর (μ) চিহ্নটি হচ্ছে এ্যামপ্লিফিকেশন ফ্যাক্টরের চিহ্ন।

ফলাফল—এই হচ্ছে ট্রায়োড টিউবের এ্যামপ্লিফিকেশন ফ্যাক্টর জানবার একটা মোটামুটি বিবরণ। তবে এক্ষেত্রে আমাদের পরীক্ষার ফলে যা পাওয়া যাবে সেটা হয়তো টিউব ম্যানুয়ালে দেওয়া পরিমাণের চেয়ে কিছু কম বেশী হতে পারে। কারণ এক্ষেত্রে সূক্ষ্ম যন্ত্রের অভাবে গ্রিডের ও প্লেটের ঠিক ঠিক ভোল্টেজকে আমরা গ্রহণ করতে পারি নি। যাহা হউক আমাদের প্রধান উদ্দেশ্যই হচ্ছে জেনে রাখা

যে, কি ভাবে টিউবের এ্যামপ্লিফিকেশন ফ্যাক্টরকে জানতে পারা যায়।

পরীক্ষা—২৫

প্লেট রেজিষ্ট্যান্স

পার্টস—২৪নং পরীক্ষায় ব্যবহৃত পার্টসগুলি।

ব্যবহার—এখানেও ২৪নং পরীক্ষা অনুযায়ী কাজ করতে হবে অর্থাৎ প্রথমে ১0,000 ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সকে ভোল্টেজ ডিভাইডারের ২ ও ৩ চিহ্নিত টার্মিনালে লাগিয়ে দিতে হবে। তারপর প্লেটের সাথে সিরিজে লাগান মিটারের পজিটিভ টার্মিনালকে ২ চিহ্নিত স্থানে লাগিয়ে এবং পোটেনশিওমিটারকে ঘুরিয়ে মিটার নির্দ্দেশকে পূর্ব্বের পরীক্ষার ন্যায় ১ মিলি এ্যাম্পিয়ারে রাখতে হবে। এইবার মিটারটিকে খুলে প্লেটকে সোজা ২ চিহ্নিত স্থানে লাগিয়ে দিয়ে ও মিটারকে ১0,000 ওমসের সাথে সিরিজ সংযুক্ত করে ২ ও ৩ স্থানের চিহ্নিত ভোল্টেজ (প্লেট ভোল্টেজ) এবং প্লেট কারেণ্ট উভয়কেই নোট করে রাখতে হবে।

পুনরায় মিটারকে প্লেটের সাথে সিরিজে লাগিয়ে মিটারের পজিটিভ টার্মিনালকে ১ চিহ্নিত স্থানে লাগিয়ে মিটারটি কত কারেণ্ট নির্দ্দেশ দেয় তা দেখতে হবে এবং নোট করতে হবে। এইবার মিটার খুলে প্লেটকে সোজা ১ চিহ্নিত স্থানে লাগিয়ে দিতে হবে এবং মিটারকে ১0,000 ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সের সাথে সিরিজে লাগিয়ে পুনরায় ১ ও ৩ চিহ্নিত স্থানের মধ্যবর্ত্তী স্থানের ভোল্টেজ অর্থাৎ প্লেট ভোল্টেজকে মেপে নোট করে রাখতে হবে।

ফলাফল—এইবার প্লেটের ভোল্টেজ পার্থক্যকে (অর্থাৎ ভোল্টেজ ডিভাইডারের ১ চিহ্নিত স্থান থেকে ও ২ চিহ্নিত স্থান থেকে পাওয়া ভোল্টেজদ্বয়ের বিয়োগ ফল) প্লেটের কারেন্ট পার্থক্য (অর্থাৎ ভোল্টেজ ডিভাইডারের এ দুই স্থান থেকে পাওয়া কারেন্টদ্বয়ের বিয়োগ ফল) দিয়ে ট্রায়োড টিউবের প্লেট রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ জানতে পারা যাবে। মনে রাখবার সহজ সূত্র হচ্ছে—

$$Rp = \frac{\Lambda Ep}{VIp}$$

এক্ষেত্রে Rp হচ্ছে প্লেট রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ; Ep হচ্ছে প্লেট ভোল্টেজ ও Ip হচ্ছে প্লেট কারেন্টের পরিমাণ।

পরীক্ষা—২৬

মিউচুয়াল কনডাকট্যান্স বা ট্রান্সকনডাকট্যান্স

পার্টস—২৪নং পরীক্ষার পার্টসগুলি।

ব্যবহার—পূর্ব্বে যে সার্কিট গঠন করা হয়েছিল সেই সার্কিট নিয়েই পরীক্ষা করতে হবে। প্রথমে ১০,০০০ ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সটি সার্কিট থেকে খুলে রাখুন। ১০০ ওমস্ ও ২০০ ওমস্ রেজিষ্ট্যান্স দুইটিকে সিরিজে লাগিয়ে ভোল্টেজ ডিভাই-ডারের ৩ ও ৪ চিহ্নিত স্থানে লাগিয়ে দিন। এইবার প্লেটের সাথে সিরিজে লাগান মিটারের পজিটিভ টার্মিনালকে ১ চিহ্নিত স্থানে লাগিয়ে পোটেনশিওমিটারকে ঘুরিয়ে ১ মিলিঅ্যাম্পিয়ার নির্দ্দেশে রাখুন। মিটারকে প্লেট থেকে খুলে প্লেটকে সোজা ১ চিহ্নিত স্থানে লাগিয়ে দিন।

সিরিজে লাগান ১০০ ওমস্ ও ২০০ ওমস্ রেজিষ্ট্যান্স দুটিকে খুলে তার পরিবর্ত্তে মিটারটি লাগিয়ে গ্রিড ভোল্টেজকে নোট করে রাখুন। দেখবেন ভোল্টেজ মাপবার সময় পোটেনশিওমিটারের এ্যাডজাষ্টমেণ্ট যেন নষ্ট হয়ে না যায়।

পুনরায় মিটারকে প্লেটের সাথে সিরিজে লাগিয়ে মিটারের পজিটিভ টার্মিনালকে ১ চিহ্নিত স্থানে লাগান। ১০০ ওমস্ ও ২০০ ওমস্‌কে ৩ ও ৪ চিহ্নিত স্থানে লাগিয়ে এবং পোটেনশিওমিটারকে ঘুরিয়ে মিটার নির্দ্দেশকে ½ মিলিএ্যাম্পিয়ার ('৫ মিলি এ্যাম্পিয়ার) নির্দ্দেশে রাখুন। (এ্যাডজাষ্ট করবার পর পোটেনশিওমিটারে আর হাত দিবেন না) এইবার মিটারকে খুলে প্লেটকে সোজা ১ চিহ্নিত স্থানে যুক্ত করুন এবং মিটারকে ১০০ ওমস্ ও ২০০ ওমসের পরিবর্ত্তে লাগিয়ে গ্রিড ভোল্টেজ মেপে নিন। এইভাবে আমরা টিউবের দুইটি বিভিন্ন পরিমাপের প্লেট কারেণ্ট এবং তারই সাথে টিউবের গ্রিড ভোল্টেজকে জেনে নিলাম।

তাহলে এক্ষেত্রে প্লেটের কারেণ্ট পার্থক্য হবে ৫ মিলি এ্যাম্পিয়ার ('০০০৫ এ্যাম্পিয়ার) আর গ্রিডের ভোল্টেজ পার্থক্য হবে ঐ দুটি গ্রিড ভোল্টেজের বিয়োগফলের সমান। এইবার যদি ঐ কারেণ্ট পার্থক্যকে ভোল্টেজ পার্থক্য দিয়ে ভাগ করি তাহলে তার ভাগফলই হবে * mhos হিসাবে টিউবের মিউচুয়াল কনডাক্‌ট্যান্স। মিউচুয়াল কনডাক্‌ট্যান্স বাহির করবার সহজ সূত্রটি হচ্ছে—

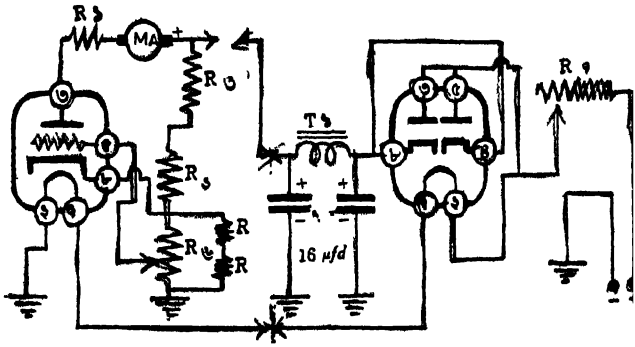
$$Gm = \frac{\Delta Ip}{\Delta Ep} \text{ (mhos হিসাবে)}$$

* mhos হচ্ছে কনডাক্‌ট্যান্সের একক (unit)। একে আবার ১০০,০০০ দিয়ে গুণ করলেই হবে mmhos (micromhos)।

পরীক্ষা—২৭

এ্যামপ্লিফিকেশন্

পার্ট্স—১০,০০০ ওমস্ রেজিষ্ট্যান্স (R_1)।

ব্যবহার—প্রথমে ১০,০০০ ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সটি ৩০৩নং চিত্র অনুযায়ী প্লেট সার্কিটে মিটারের সাথে সিরিজে লাগিয়ে দিন, কারণ এই রেজিষ্ট্যান্সটি টিউবের প্লেট লোড হিসাবে কাজ করবে এবং এর অ্যাক্রশেই টিউবের আউট-পুট ভোল্টেজ সৃষ্টি হবে।

৩০৩নং চিত্র

পোটেনশিওমিটারের যে প্রান্তে শূন্য গ্রিড-ভোল্টেজ দেখায় সেই পজিশনে রাখুন। এইবার পোটেনশিও-মিটারকে ধীরে ধীরে ঘুরিয়ে মিটার নির্দ্দেশকে এমন জায়গায় রাখুন যেখানে মিটারটি মোট প্লেট কারেন্টের অর্দ্ধেক নির্দ্দেশ দেবে এবং সেইটিই হবে আমাদের অপারেটিং পয়েন্ট। এইরূপ অবস্থায় পোটেনশিওমিটারটি কত ভোল্ট নির্দ্দেশ দেয় দেখুন অর্থাৎ—আগে চেসিসে যে চিহ্ন দেওয়া হয়েছিল, তা থেকেই জেনে নিন যে মিটার নির্দ্দেশটিকে পূর্ব্বের ঐ অপারেটিং

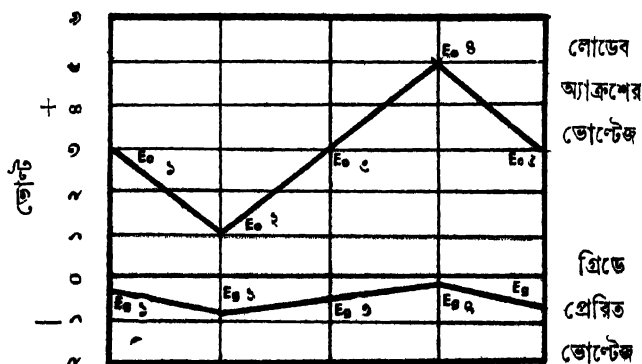
পয়েন্টে রাখার ফলে গ্রিড ভোল্টেজ কত দেখাচ্ছে এবং ঐ গ্রিড-ভোল্টেজ ও প্লেট কারেন্টকে নোট করে নিন। এইবার পোটেনশিওমিটারকে নেগেটিভ, দিকে একভাগ (এখানে একভাগ মানে হচ্ছে চেসিসে চিহ্নিত ভাগগুলির একভাগ) এগিয়ে নিয়ে যান, যার ফলে অপারেটিং পয়েন্ট থেকে এর পার্থক্য কেবল '১৫ ভোল্ট হবে। পুনরায় মিটারে নির্দ্দেশিত প্লেট কারেন্টকে এবং চেসিসে চিহ্নিত স্থানগুলি থেকে পোটেনশিওমিটার দ্বারা নির্দ্দেশিত স্থানের গ্রিড ভোল্টেজকে নোট করে রাখুন।

এইবার পোটেনশিওমিটারকে অপারেটিং পয়েন্ট থেকে পজিটিভ দিকে—একভাগ পূর্ব্বে অপারেটিং পয়েন্ট থেকে পোটেনশিওমিটারকে যেদিকে নড়ান হয়েছিল এবার তার বিপরীত দিকে—একভাগ এগিয়ে নিয়ে যান। এবারেও গ্রিড ভোল্টেজ ও প্লেট কারেন্টকে নোট করুন।

এইভাবে পরীক্ষার মধ্য দিয়ে পাওয়া গ্রিড ভোল্টেজ ও প্লেট কারেন্টকে ৩০৪নং চিত্র অনুযায়ী একটি গ্রাফ পেপারের উপর আমি যে ভাবে দেখিয়েছি ঠিক সেই ভাবে কার্ভ অঙ্কন করলে টিউবের এ্যামপ্লিফিকেশন সম্বন্ধে একটা মোটামুটি ধারণা গড়ে উঠবে।

কার্ভের নিম্নভাগে গ্রিডে প্রেরিত ভোল্টেজকে এবং উপর দিকে লোডের অ্যাক্রশের আউট-পুট ভোল্টেজকে দেখান হয়েছে। কার্ভে ব্যবহৃত E_o হচ্ছে প্লেট লোড হিসাবে প্লেট সার্কিটে ব্যবহৃত ১০,০০০ ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সের অ্যাক্রশের আউট-পুট ভোল্টেজ *। E_g হচ্ছে পোটেনশিও মিটার দ্বারা নির্দ্দেশিত গ্রিড ভোল্ট।

* ঐ আউট-পুট ভোল্টেজকে জানতে হলে ওম-সূত্র অনুযায়ী মিটারের নির্দ্দেশিত প্লেট-কারেন্টকে রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ দিয়ে গুণ করলেই ভোল্ট পাওয়া যাবে।

চিত্রে চিহ্নিত Eo-১ হচ্ছে অপারেটিং পয়েন্টে প্লেট-লোডের অ্যাক্রশের ভোল্টেজ। Eg-১ হচ্ছে অপারেটিং পয়েন্টে পোটেনশিওমিটার দ্বারা নির্দ্দেশিত গ্রিড ভোল্টেজ। Eo-২ হচ্ছে অপারেটিং পয়েন্ট থেকে নেগেটিভ দিকে একভাগ এগিয়ে গ্রিডকে বেশী নেগেটিভ করার ফলে প্লেট লোডের অ্যাক্রশের ভোল্টেজ। (এর পরিমাণ জানতে হলে ঐ অবস্থায় মিটারে নির্দ্দেশিত কারেন্ট দিয়ে ১০,০০০ ওমসকে

৩০৪নং চিত্র

গুণ করতে হবে)। আর Eg-২ হচ্ছে এই অবস্থায় গ্রিডে প্রেরিত ভোল্টেজ। এইভাবে Eo-৩ ও Eg-৩-র পরিমাণ Eo-১ ও Eg-১-র ন্যায় কারণ এটাও হচ্ছে অপারেটিং পয়েন্ট। আর Eo-৪ হচ্ছে অপারেটিং পয়েন্ট থেকে পজিটিভ দিকে একভাগ এগিয়ে গ্রিডে কম নেগেটিভ দেওয়ার ফলে প্লেট লোডের অ্যাক্রশের ভোল্টেজ। Eg-৪ হচ্ছে তারই গ্রিডে প্রেরিত ভোল্টেজ। Eo-৫ ও Eg-৫ হচ্ছে পুনরায় অপারেটিং পয়েন্টের পরিমাণ।

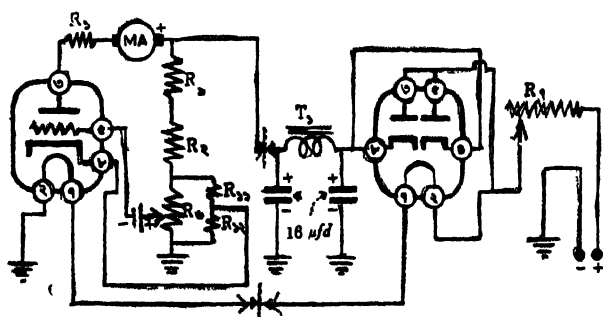
ফলাফল—এই হচ্ছে ভ্যাকুয়াম টিউবের এ্যামপ্লিফিকেশন সম্বন্ধে মোটামুটি বিবরণ। পূর্ব্বে থিওরী আলোচনা করতে গিয়ে এ্যামপ্লিফিকেশন সম্বন্ধে আলোচনা করা হয়েছে। তবে প্রাকৃটিক্যাল সার্কিটে পরীক্ষামূলক কাজের মধ্য দিয়ে জানা গেল যে গ্রিডে প্রেরিত অল্প পরিমাণ সিগন্যাল ভোল্টেজের ফলে প্লেট লোডের অ্যাক্রশে যে এ্যামপ্লিফায়েড ভোল্টেজ পাওয়া যায় তা গ্রিডের ঐ সিগন্যাল ভোল্টেজের অনুরূপ।

পরীক্ষা—২৮

প্লেট ডিটেক্শন

পার্ট্স—২০০ ওমস্ রেজিষ্ট্যান্স ($R_{১১}$) একটি ব্যাটারী বা সেল।

ব্যবহার—৩০৩নং চিত্র নিয়েই কাজ চলবে তবে এক্ষেত্রে যে কয়টি পরিবর্ত্তনের দরকার তা ৩০৫নং চিত্রে দেখান হলো। চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাবেন পোটেনশিওমিটারের অ্যাক্রশে লাগান ক্যাথোডের উভয় পার্শ্বের রেজিষ্ট্যান্সকে এমন ভাবে নির্দ্দিষ্ট করা হয়েছে যার ফলে একটা নির্দ্দিষ্ট স্থান থেকেই পোটেনশিওমিটারকে ঘুরিয়ে গ্রিডকে ক্যাথোডের তুলনায় ইচ্ছামত নেগেটিভ ও পজিটিভ করা চলবে। আর, একটি ব্যাটারী গ্রিডের সাথে সিরিজে থাকায় গ্রিড ব্যায়াসের সৃষ্টি হবে ফলে পোটেনশিওমিটারের (ঐ নির্দ্দিষ্ট স্থানের) সাথে ক্যাথোড যখন সমান পোটেনশিয়ালে থাকবে তখন ঐ গ্রিড-ব্যায়াসের ফলে প্লেট কারেন্ট একেবারে কমে শূন্যের ঘরে এসে পৌঁছাবে অর্থাৎ গ্রিডকে যখন পোটেনশিও-মিটারের ঐ নির্দ্দিষ্ট স্থানে রাখা হবে তখন গ্রিডে কোন

সিগন্যাল থাকবে না কিন্তু ঐ নির্দিষ্ট স্থান থেকে পোটেনশিও-মিটারকে যখন একবার বাঁদিক আবার ডানদিক করে, গ্রিডকে একবার নেগেটিভ আবার পজিটিভ করা হবে, তখনই গ্রিডে সিগন্যাল ভোল্টেজের সৃষ্টি হবে। কারণ, আমরা জানি ডিটেক্টর টিউবের গ্রিডে যে রেডিও সিগন্যাল উপস্থিত হয় সেও অনবরত নেগেটিভ ও পজিটিভ হতে থাকে।

৩০৫নং চিত্র।

কিন্তু ডিটেক্টর টিউবের গ্রিডে প্রেরিত ঐ নেগেটিভ ও পজিটিভ উভয় তরঙ্গ-জাত সিগন্যালের ডিটেকশনকে লক্ষ্য করতে হলে প্রথমে পোটেনশিওমিটারকে ঐ নির্দ্দিষ্ট স্থানে রেখে ধীরে ধীরে পজিটিভ দিকে ঘুরিয়ে মিটার নির্দ্দেশকে লক্ষ্য করুন। পুনরায় পোটেনশিওমিটারকে ঐ নির্দ্দিষ্ট স্থানে রেখে ধীরে ধীরে নেগেটিভ দিকে ঘোরান এবং মিটার নির্দ্দেশ লক্ষ্য করুন।

ফলাফল—এক্ষেত্রে পোটেনশিওমিটারকে সেণ্টার-পয়েণ্ট (ঐ নির্দ্দিষ্ট স্থানটি) থেকে নেগেটিভ দিকে ঘোরানর ফলে

মিটারটি যে প্লেট কারেন্টের নির্দ্দেশ দেবে তার চেয়ে পজিটিভ অল্টারনেশনের মিটার নির্দ্দেশ আরও বেশী হবে। এক কথায় বলতে গেলে গ্রিডে প্রেরিত সিগন্যালের পজিটিভ অল্টারনেশন এ্যামপ্লিফায়েড হবে এবং নেগেটিভ অল্টারনেশন প্রায় বিনষ্ট হয়ে যাবে। এই ভাবেই টিউবে ডিটেকশনের কার্য্য সাধিত হয়ে থাকে।

পরীক্ষা—২৯

গ্রিড-লিক ডিটেকশন

পার্টস—১ মেগ রেজিষ্ট্যান্স।

ব্যবহার—২৮নং পরীক্ষায় যে সার্কিট দেখান হয়েছে সেই সার্কিট নিয়েই এই পরীক্ষা চলবে। তবে এক্ষেত্রে সেল বা ব্যাটারীকে গ্রিড সার্কিট থেকে খুলে নিয়ে তার পরিবর্ত্তে ১ মেগওমস্ রেজিষ্ট্যান্সকে লাগিয়ে দিতে হবে। এক্ষেত্রেও পূর্ব্বের ন্যায় পোটেনশিওমিটারকে ঘুরিয়ে গ্রিডকে ক্যাথোডের তুলনায় একবার নেগেটিভ আবার পজিটিভ করে গ্রিড সার্কিটে সিগন্যাল ভোল্টেজের সৃষ্টি করতে হবে। পার্থক্যের মধ্যে এখানে একটি ১ মেগওমস্ রেজিষ্ট্যান্সকে গ্রিড-লিক হিসাবে ব্যবহার করা হয়েছে।

এইবার সুইচ on করে পোটেনশিওমিটারকে ঘুরিয়ে নোট করুন, তবে এক্ষেত্রে বিশেষ ভাবে লক্ষ্য করবার বিষয় হচ্ছে, পোটেনশিওমিটারকে সেণ্টার পয়েণ্ট (ঐ নির্দ্দিষ্ট স্থান) থেকে উভয় দিকের শেষ প্রান্তে নিয়ে যাওয়ার ফলে মিটারে নির্দ্দেশিত প্লেট কারেন্টের পরিমাণ কত।

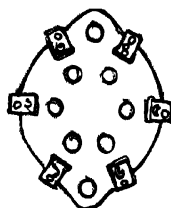
ফলাফল—এই পরীক্ষায় গ্রিড-লিক্ ডিটেকশনের কার্য্যকারিতাকে দেখান হয়েছে। লক্ষ্য করলেই দেখতে পাব, সেন্টার পয়েন্ট থেকে পোটেনশিওমিটারকে নেগেটিভ প্রান্তে প্লেট কারেণ্ট যৎসামান্য দেখাবে কিন্তু পজিটিভ প্রান্তে প্লেট কারেণ্টের পরিমাণ তার চেয়েও বেশী দেখাবে। তার কারণ এক্ষেত্রে সিগন্যালের পজিটিভ অল্টারনেশনে গ্রিড-কারেণ্ট প্রবাহিত হয়ে গ্রিড-লিক রেজিষ্ট্যান্সের অ্যাক্রশে ভোল্টেজ ড্রপ ঘটাবে, ফলে পজিটিভ সিগন্যালের কিছুটা ক্ষয় প্রাপ্ত হবে। কাজে কাজেই সিগন্যালের পজিটিভ অল্টারনেশনে সার্কিটের এই ডিসটরশনের ফলে খুব অল্প পরিমাণ এ্যাম্‌প্লিফিকেশন গ্রহণ করবে এবং নেগেটিভ অল্টারনেশনের বেলায় সম্পূর্ণ এ্যামপ্লিফিকেশন গ্রহণ করবে। সার্কিটে এই ডিসটরশনটাই আমাদের কাছে ডিটেকশন নামে পরিচিত।

পরীক্ষা—৩০

দু'ভ্যালভ রিসিভার

পার্টস—হেডফোন, ৬ পিন কয়েল ফরমার, '০০০৫ μfd ভেরিয়েবল্ কন্‌ডেন্সার, '০০০১ μfd মাইকা কন্‌ডেন্সার, ৬ পিন ভ্যালভ বেস, ৩৭নং এনামেল কপার তার, ২টি নাটবল্টু এবং কানেকশনের জন্য কিছুটা তার।

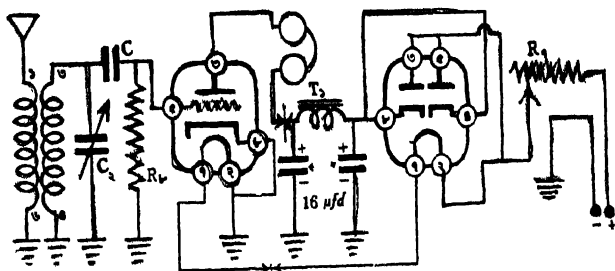
ব্যবহার—প্রথমে ৩০৬নং চিত্রের ৬ পিন ভ্যালভ বেসটিকে ২৭৭নং চিত্রে অঙ্কিত চেসিসের (ক) চিহ্নিত ছিদ্রে বসিয়ে নাটবল্টু দিয়ে চেসিসের সাথে ভাল করে লাগিয়ে দিন। এই বেসটিকে কয়েল বেস হিসাবে ব্যবহার করা হলো। পূর্ব্বে

যে সার্কিট গঠন করা হয়েছিল তাকে নিয়েই পরীক্ষা চলবে। তবে এক্ষেত্রে তার ভোল্টেজ ডিভাইডারের সিরিজে লাগান সব কয়টি রেজিষ্ট্যান্সকে খুলে ফেলুন এবং ১ মেগ ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সের যে প্রান্ত পোটেনশিওমিটারে যুক্ত সেই প্রান্তকে খুলে নিয়ে 6C5 টিউবের ভ্যালভ বেসের ৮নং পিনে লাগিয়ে খানিকটা তার দিয়ে ৮নং ও ৭নং পিন সর্ট করে দিন। ফলে ৭নং পিনটি চেসিসে যুক্ত থাকায় উভয়েই চেসিসের সাথে যুক্ত হবে।

৩০৬নং চিত্র ছ' পিন কয়েল বেস

পুনরায় প্লেট সার্কিট থেকেও মিটার ও ১০,০০০ ওমস্ রেজিষ্ট্যান্সটি খুলে রাখুন এবং তার পরিবর্তে হেডফোনের একপ্রান্ত প্লেটে ও অপর প্রান্ত বি+(H.T+) এ লাগিয়ে সমস্ত সার্কিটকে ৩০৭নং চিত্রের সাথে মিলিয়ে নিন। চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাবেন এক্ষেত্রে কেবল কয়েল ও কনডেন্সার যুক্ত টিউনিং সার্কিটের সংযোগগুলি বাকি আছে।

টিউনিং সার্কিটের একটা মোটামুটি বিবরণ পূর্ব্বে দেওয়া হয়েছে এবং আলোচনা প্রসঙ্গে বলা হয়েছে যে, টিউনিং সার্কিট দ্বারা সিগন্যালটি বেছে নেওয়ার পর, প্রয়োজন হয় ঐ উভয় তরঙ্গজাত সিগন্যালকে অর্দ্ধ-তরঙ্গে সংশোধিত করে

শ্রবণোপযুক্ত করা এবং সে কার্য্য সাধিত হয় ডিটেক্টর সার্কিট দ্বারা। এও বলা হয়েছে যে, ডিটেকশন সাধারণতঃ দুই প্রকারেব হয়ে থাকে যেমন "বিনা বৈদ্যুতিক শক্তিতে ডিটেকশন" আর "বৈদুতিক শক্তির সাহায্যে ডিটেকশন"।

বিনা বৈদ্যুতিক শক্তিতে ডিটেকশন সম্বন্ধে পূর্ব্বে আলোচনা করা হয়েছে এবং বলা হয়েছে যে. এইরূপ ডিটেকশনের কাজে কৃষ্ট্যাল ডিটেক্টর গ্রহণ করা হয়। কারণ কৃষ্ট্যাল ডিটেক্টরের মধ্য দিয়ে কেবল একই দিকে কারেণ্ট প্রবাহিত

৩০৭নং চিত্র

হতে পায় ফলে, বিপরীত মুখী অংশগুলি নষ্ট হয়ে যায় এবং এই ডিটেক্টরকে অপারেট করতে কোন লোক্যাল ভোল্টেজের প্রয়োজন হয় না, কারণ এরিয়াল কর্ত্তৃক গৃহীত সিগন্যাল, কারেণ্টের সাহায্যেই কাজ চালায়।

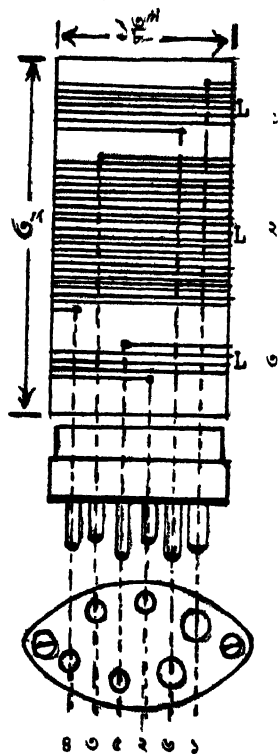
আর বৈদ্যুতিক শক্তির সাহায্যে ডিটেকশন সম্বন্ধে বিশেষ কিছুই বলবার নাই কারণ এইরূপ ডিটেকশনকে ২৮নং ও ২৯নং পরীক্ষায় দেখান হয়েছে, এবং পরীক্ষামূলক ভাবে ইহাই দেখান হয়েছে যে, প্লেট ডিটেকশনের চেয়ে গ্রিড-লিক ডিটেকশন Partial rectificationকে গ্রহণ করে এবং

উভয় ডিটেকশনের মধ্যে লক্ষ্য করবার বিষয় হচ্ছে, তাদের মধ্যে একটিতে সিগন্যালের নেগেটিভ অল্টারনেশন বাধাপ্রাপ্ত হয় এবং অপরটিতে পজিটিভ অল্টারনেশন বাধাপ্রাপ্ত হয়।

৩০৭নং চিত্রকে ভাল ভাবে লক্ষ্য করলে দেখতে পাব এরিয়াল কয়েলের এবং টিউনিং কয়েলের উপরে ও নীচে যথাক্রমে, ১-৬ ও .৩-৪ দিয়ে চিহ্নিত করা হয়েছে। এগুলি দ্বারা কয়েল ফরমার পিনের নম্বরগুলি নির্দ্দেশ করা হয়েছে। কাজেকাজেই প্রথমেই আমাদের '০০০৫ μfd ভেরিয়েবল্ কন্‌ডেন্সারটিকে চেসিসের সম্মুখ ভাগে লাগিয়ে দিয়ে তার পজিটিভ দিককে, ৬ পিন ভ্যালভ বেসের (এক্ষেত্রে কয়েল বেসের) ৩ নং পিনে এবং নেগেটিভ দিককে ৪নং পিনে লাগিয়ে একটু ছোট তার দিয়ে ঐ ৪নং পিনকে চেসিসেব সাথে যুক্ত করুন। পুনরায় '০০০১ কন্‌ডেন্সারের এক প্রান্ত কয়েল বেসের ৩নং পিনে এবং অপর প্রান্ত 6C5 টিউবেব ভ্যালভ বেসের ৫নং পিনে (এক্ষেত্রে গ্রিডে যেখানে গ্রিড-লিকের একপ্রান্ত যুক্ত আছে) যুক্ত করে দিন এবং কয়েল বেসের ১নং পিন থেকে খানিকটা তার এরিয়াল সংযোগের জন্য ও ৬নং পিন থেকে ভূমি সংযোগের জন্য খানিকটা তার চেসিসের বাইরে বার করে রাখুন।

এইভাবে সংযোগগুলি করে সমস্ত সার্কিটকে ৩০৭নং চিত্রের সাথে মিলিয়ে নিন। এইবার দেখা যাক, কিভাবে কয়েল ফরমারের উপর তার জড়িয়ে কয়েল প্রস্তুত করতে হবে।

৩০৮নং চিত্রে কয়েল ফরমারকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে

এই কয়েল ফরমারকে প্রস্তুত করার সবচেয়ে সহজ উপায় হচ্ছে একটি পুরাতন ৬ পিন যুক্ত ভাঙ্গা ভ্যালভের তলাকার বেসকে খুলে নিয়ে তার গায়ে একটি ৩" লম্বা ১১/৪" (ব্যাস) কয়েল ফরমারকে ভালভাবে লাগিয়ে নিলেই চলে অথবা বাজারে ৬ পিন যুক্ত যে কয়েল ফরমার পাওয়া যায় সেই একটা যোগাড় করতে হয়।

৩০৮নং চিত্র

প্রথমেই ফরমারের উপর দিক থেকে কিছুটা জায়গা ছেড়ে দিয়ে একটি ছোট ছিদ্র করে নিয়ে এরিয়াল কয়েল (L_1) জড়াতে হবে। তবে লক্ষ্য রাখতে হবে এই ছিদ্র যেন ১নং পিনের ঠিক উপর দিকে হয়। প্রথমে ৩৭নং এনামেল কপার তারের মুখের দিকের ½ ইঞ্চি পরিমাণ যায়গার ইনস্যুলেশনকে চাকু বা ব্লেড্ দিয়ে তুলে দিন এবং ঐ মুখকে ফরমারের বাহিরের দিক থেকে ছিদ্র পথে গলিয়ে চিত্র অনুযায়ী ১নং পিনে লাগিয়ে বাইরের দিক থেকে ঐ পিনের মুখটায় সোল্ডার দিয়ে দিন। এইবার কয়েল ফরমারের উপর ২০ পাক পাশাপাশি ভাবে জড়িয়ে যেখানে শেষ হবে ঠিক সেখানে আর একটি ছিদ্র করে নিন (ঠিক ৬নং পিনের উপর দিকে হবে) এবং

তারটিকে ছিদ্র পথ দিয়ে নিয়ে গিয়ে পূর্ব্বের ন্যায় ৬নং পিনে সোল্ডার করে দিন। দেখবেন যেন সংযোগ বিন্দুকে ভাল করে চাকু বা ব্লেড্ দিয়ে চেঁচে পরিষ্কার করা হয়। কারণ তামার তারের উপর এনামেল কোটিং যুক্ত ঐ ইন্সুলেশনের মাঝ দিয়ে বিদ্যুৎ প্রবাহ চলাচলের পথ পায় না। এইবার টিউনিং কয়েলকে ($L_২$) ঐ একইভাবে এরিয়াল থেকে ⅛" দূরে জড়াতে হবে এবং এর পাক সংখ্যা হবে ৫৫, এই কয়েলের উপর দিক ও নীচের দিক যথাক্রমে ৩নং ও ৪নং পিনে লাগাতে হবে। এই ভাবে টিউনিং কয়েলের ঠিক ১$\frac{১}{১৬}$ ইঞ্চি দূরে রিজেনারেশন কয়েককেও ($L_৩$) জড়িয়ে যথাক্রমে ২নং ও ৫নং পিনে লাগিয়ে দিন। এর পাক সংখ্যা হবে ২৫। (পরবর্ত্তী পরীক্ষায় এর ব্যবহার হবে)। দেখবেন যেন তারের মাথা দুইটি উল্টে না যায় কারণ সব কয়েলেই পাকগুলি ৩০৮নং চিত্রের ন্যায় একই ভাবে ও একই দিকে জড়ান হবে।

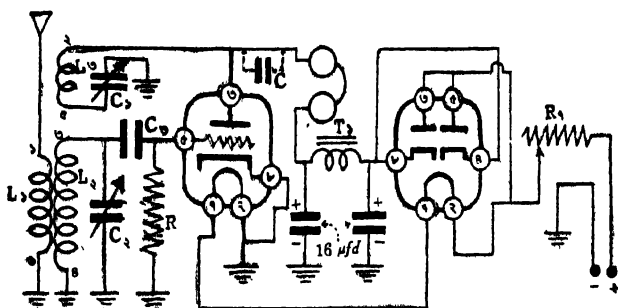
ফলাফল—এইভাবে কয়েল ফরমারকে প্রস্তুত করে, তাকে কয়েল বেসে বসিয়ে রিসিভারটিকে গঠন করার পর যদি তার এরিয়াল ও ভূমি-সংযোগের জন্য উপযুক্ত ব্যবস্থা করতে পারেন এবং আপনার কাছাকাছি যদি কোথাও ব্রডকাষ্ট ষ্টেশন থাকে তাহলে সেখান থেকে প্রেরিত গান, বাজনা সংবাদ প্রভৃতি আপনার হেডফোনের দ্বারা সুস্পষ্ট ভাবে শুনতে পাওয়া যাবে এবং তা থেকে আপনি আনন্দ উপভোগ করতে পারেন।

পরীক্ষা ৩১

একটি ছোট রিজেনারেটিভ রিসিভার

পার্টস—'০০০৩ μfd ভেরিয়েবল কনডেন্সার ৩৭নং

এনামেল কপার তার ও একটি '০০০২ *μfd* মাইকা কনডেন্সার এবং '০১ *μfd*, '০৫ *μfd* পেপার কনডেন্সার।

ব্যবহার—এই পরীক্ষার ৩০৭নং চিত্রটি নিয়েই কাজ করতে হবে তবে এক্ষেত্রে আরও কয়েকটি সংযোগের ব্যবস্থা করতে হবে। তার মধ্যে প্রথম হচ্ছে 6C5 টিউবের প্লেট থেকে অর্থাৎ ৩নং পিন থেকে খানিকটা তার কয়েল বেসের ২নং পিনে যুক্ত করতে হবে। তারপর '০০০৩ ভেরিয়েবল কনডেন্সারটি চেসিসের সম্মুখ ভাগে লাগিয়ে তার রোটর পয়েণ্টকে চেসিসে এবং ষ্টেটর পয়েণ্টকে কয়েল বেসের ৫নং

৩০৯নং চিত্র

পিনে লাগিয়ে দিতে হবে। কারণ, পূর্ব্বে কয়েল ফরমারে যে ২৫ পাক বিশিষ্ট রিজেনারেশন কয়েল তৈরী করা হয়েছিল এক্ষেত্রে তাকে ৩০৯নং চিত্র অনুযায়ী প্লেট সার্কিটে লাগিয়ে রিয়্যাকশনের ব্যবস্থা করা হলো। এইবার '০০০২ মাইকা কনডেন্সারকে 6C5 এর ৩নং পিন থেকে চেসিসে লাগিয়ে সুইচ on করে দিন—এবং শব্দকে কানে ধরে রাখুন।

পরীক্ষার জন্য ঐ কয়েলটি এইবার সার্কিট থেকে খুলে দিন—দেখবেন আওয়াজের জোর কমে গিয়েছে। পুনরায়

কয়েলকে সার্কিটে যুক্ত করুন, তবে এবার তাকে উল্টো করে লাগান অর্থাৎ কয়েলের ২নং পিনকে ·০০০৩ ভেরিয়েবল কনডেন্সারে ও ৫নং পিনকে প্লেটে লাগিয়ে দেখুন কি অবস্থা হয়। আবার কয়েলটিকে পূর্ব্বাবস্থায় যুক্ত করে তুলনা করুন তাহলেই রিয়্যাকশনের প্রয়োজনীয়তা উপলব্ধি করবেন।

চিত্রটিকে লক্ষ্য করলে দেখতে পাবেন একটি কনডেন্সারকে টিউবের প্লেট থেকে হেডফোনের মধ্যে লাগিয়ে "C" চিহ্নিত করা হয়েছে, এর দ্বারা দেখান হয়েছে যে হেডফোনটিকে সোজা প্লেটে লাগান ছাড়াও একবার ·০১ $\mu f d$ কনডেন্সারকে আবার ·০১ $\mu f d$ কনডেন্সারকে ঐ "C" এর পরিমাণ হিসাবে হেডফোনের সাথে সিরিজে লাগান এবং তার ফলাফল লক্ষ্য করুন।

ফলাফল—বিশেষ ভাবে লক্ষ্য করলেই দেখতে পাবেন পূর্ব্বের রিসিভারের তুলনায় এক্ষেত্রেই রিসিভারের sensitivity বৃদ্ধি প্রাপ্ত হয়েছে। আর প্লেট সার্কিট থেকে গ্রিড সার্কিটে feed back দ্বারা অতিরিক্ত রিজেনারেশনই হচ্ছে তার একমাত্র কারণ। তাই কখন কখন এই সার্কিটকে **"থ্রি সার্কিট টিউনার"** (three circuit tuner) বা **'রিজেনারেটিভ ডিটেক্টর"** বলে অভিহিত করা হয়।

এ পর্য্যন্ত যে সকল পরীক্ষাগুলি দেখান হলো সেগুলি যদি একের পর এক খুব যত্ন সহকারে করে যেতে পারেন, তাহলে আমার মনে হয় রেডিও টেক্নিকের **প্রাথমিক তথ্য** সম্বন্ধে একটা মোটামুটি ধারণা গড়ে তুলতে পারবেন। কারণ এ পর্য্যন্ত যে সকল পরীক্ষা আমি দেখালাম সেগুলিকে বলা হয় ***"Study of the fundamentals of electricity and radio"*** অতএব একটুকুই প্রথম শিক্ষার্থীদের পক্ষে

যথেষ্ট হবে বলেই মনে হয়। তারা যদি রেডিও টেক্নিকের এই তথ্যগুলি ভাল ভাবে উপলব্ধি করতে পারেন তাহলে পরবর্ত্তী রেডিও-ফ্রিকোয়েন্সি এ্যামপ্লিফিকেশন, ডিটেকশন, অডিও ফ্রিকোয়েন্সি এ্যামপ্লিফিকেশন, অসিলেশন প্রভৃতি সুপার-হেটেরোডাইনের (Superheterodyneএর) উচ্চতর তথ্য-গুলিও সহজে বুঝতে কোন অসুবিধা হবে না। বর্ত্তমানে এই সকল তথ্য নিয়ে কিছু কিছু আলোচনা করেছি বটে তবে এদের উচ্চতর তথ্যগুলি দ্বিতীয় খণ্ডে আলোচনা করা হয়েছে।

সপ্তদশ অধ্যায়

তিন ভ্যালভ
এসি/ডিসি লোক্যাল সেট

রেজিষ্ট্যান্স—ক্যাপাসিটি কাপলিং রিয়্যাকশন টাইপ।

পূর্ব্বে বলেছিলাম যে পরীক্ষামূলক কাজ শেষ করবার পর ঐ পার্টসগুলির সাহায্যেই একটি এসি/ডিসি লোক্যাল সেট নির্ম্মাণের কৌশল দেখান হবে। তবে পরীক্ষার সর্ব্ব শেষে যে সেটকে গঠন করা হয়েছে তার থেকে এর পার্থক্য বিশেষ কিছুই নেই বললেই চলে, কারণ এক্ষেত্রে কেবল পূর্ব্বের ঐ রিজেনারেটিভ রিসিভারের সাথে একটি পাওয়ার এ্যামপ্লিফায়ারকে যুক্ত করে হেডফোনের ঐ সিগন্যালকে স্পিকারের উপযুক্ত করে তোলা হয়েছে মাত্র। তাই মনে হয় এটি গঠন করতে শিক্ষার্থীদের বিশেষ কিছু অসুবিধা হবে না। গঠন কৌশল দেখানর আগে সেট সম্বন্ধে কিছু বলে নেব।

সার্কিটের রিয়্যাকশন প্রয়োগ করে যে সমস্ত রেডিও গঠন করা হয় তাদের **ষ্ট্রেট সেট** বলে। এই ষ্ট্রেট সেটে সাধারণতঃ ডিটেক্টর প্লেট থেকে কয়েলের সাহায্যে গ্রিড সার্কিটে রিজেনা-রেশন বা রিয়্যাকশন দেওয়া হয় এবং ঐ রিয়্যাকশানের পরিমাণ নিয়ন্ত্রণ করার জন্য কয়েলের (L_3) সাথে একটি ভেরিয়েবল কনডেন্সার (C_1) সিরিজে লাগান থাকে। তাকে ঘুরিয়ে ঘুরিয়েই সার্কিটের রিয়্যাকশন নির্দ্ধারণ করা হয়।

এইরূপ একটি রিয়্যাকশন সেটের স্কিমেটিক ডায়াগ্রাম ৩১০নং চিত্রে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। এই সেটটি যে কোন এসি-ডিসি সরবরাহের ১১০ থেকে ২৫০ ভোল্টের মধ্যে কাজ করবে। এর স্কিমেটিক সার্কিট ছাড়াও ৩১১ ও ৩১২নং চিত্রে প্র্যাকটিক্যাল সার্কিটকেও অঙ্কন করে দেখান হয়েছে, কারণ প্র্যাকটিক্যাল সার্কিট দেখে সেটকে গঠন করবার সময় প্রতিটি সংযোগকে যাতে ভালভাবে পরীক্ষা করে নেওয়া যায় তার জন্যই স্কিমেটিক সার্কিটের ব্যবস্থা করা হয়েছে। এই সার্কিট অঙ্কনে তার পাটসগুলির পরিমাণের পরিবর্তে যে সকল নির্দ্দেশ ব্যবহার করা হয়েছে তাদের একটি তালিকা নিম্নে দেওয়া হলো।

পার্টস—

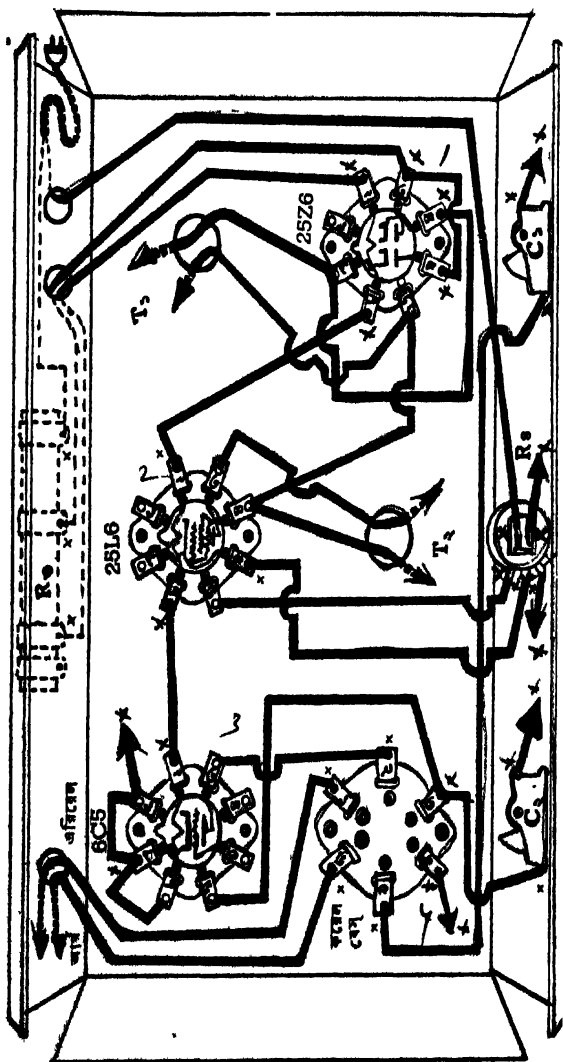
C১	=	·০০০৩ μfd	ভেরিয়েবল	কনডেন্সার
C২	=	·০০০৫ μfd	,,	,,
C৩	=	·০০০১ μfd	মাইকা	,,
C৪	=	·১ μfd	পেপার	,,
C৫	=	·০৫ μfd	,,	,,
C৬	=	০১ μfd	,,	,,
C৭	=	২৫ μfd	ইলোকট্রোলাইট	,,
C৮	=	১৬ μfd	,,	,,
C৯	=	৮ μfd	,,	,,
L১	=	এরিয়াল কয়েল।		
L২	=	টিউনিং কয়েল।		
L৩	=	রিয়্যাকশন কয়েল।		

৩১০নং চিত্র — একটি এসি/ডিসি লোক্যাল সেটের চিহ্ন।

R১ = ১ meg. ওমস্ রেজিষ্ট্যান্স।
R২ = ২০ killo ,, ,,
R৩ = ৫০ ,, ,, ,,
R৪ = ·৫ meg ভল্যুম কণ্ট্রাল (সুইচ্ সহ)।
R৫ = ১০০ ohms ১ ওয়াটের রেজিষ্ট্যান্স।
R৬ = ৭৫০ ohms (·৩ এ্যাম্পিয়ার) ফিলামেণ্ট রেজিষ্ট্যান্স।
T১ = ১০ হেনরী ৬০ মিলি L. F. চোক।
T২ = 25L6 টিউবের আউট-পুট ট্রান্সফরমার।
সু = ভল্যুম কণ্ট্রোলে লাগান সুইচ্।
SP = ৬″ পারমানেণ্ট ম্যাগনেট লাউডস্পিকার।

নির্ম্মাণ কৌশল :—

প্রথমে ভ্যালভ বেস ও কয়েল বেসগুলি চেসিসের নীচের দিক থেকে লাগিয়ে নাট-বল্টু দিয়ে চেসিসের গায়ে শক্ত করে বসিয়ে দিন। দেখবেন বেসগুলির key way যেন ৩১১নং চিত্র অনুযায়ী চেসিসের পিছন দিকে মুখ করে থাকে। কারণ তা না হলে যখন সেট নিয়ে wiring করতে বসবেন তখন ভুল সংযোগ হয়ে যেতে পারে।

ফিল্টার চোকটিকে ($T_১$) চেসিসের উপর ২৭৭নং চিত্র অনুযায়ী বাঁ দিকের কোনে আড়াআড়ি ভাবে বসিয়ে নাট-বল্টু দিয়ে শক্ত করে লাগিয়ে লীড্ দুটিকে চেসিসের ছিদ্র পথে লাগিয়ে রেক্টিফায়ার টিউবের (25Z6-GT) ৬নং ও ৮নং পিনে আল্গা ভাবে লাগিয়ে রাখুন। আর আউট-পুট (T২) ট্রান্সফরমারকেও চেসিসের সামনের দিকে সোজা করে বসিয়ে নাট-বল্ট দিয়ে শক্ত করে লাগিয়ে দিন।

৩৩১নং চিত্র—রিসিভারের কেবল তারের সংখ্যাগুলিকে এখানে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে।

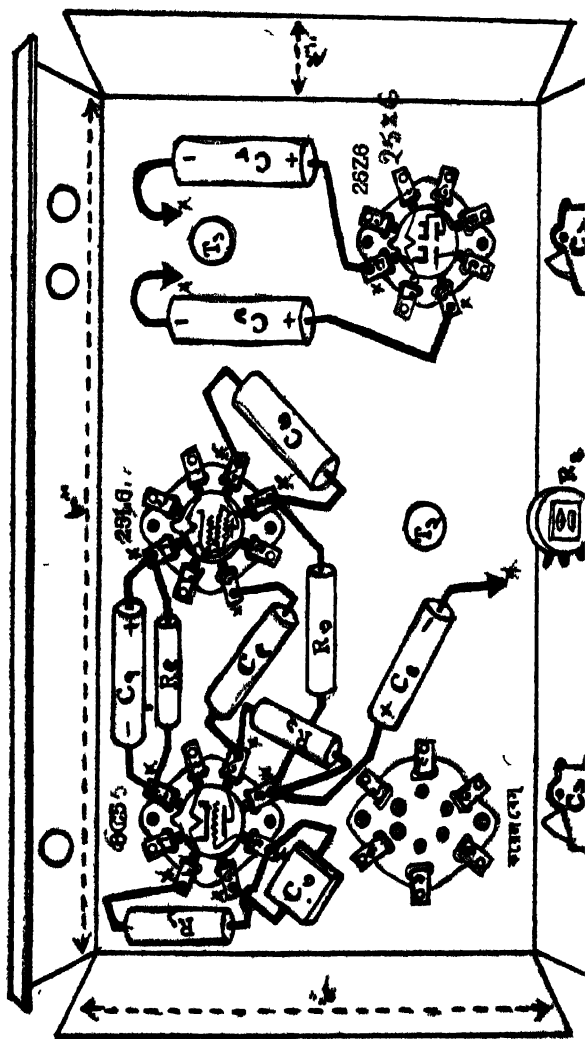
দেখবেন যেন প্রাইমারী লীড, চেসিসের পিছন দিকে ও সেকেণ্ডারী লীড সামনের দিকে মুখ করে থাকে। কারণ, এক্ষেত্রে প্রাইমারী লীড্ ছিদ্রের মধ্য দিয়ে চেসিসের নীচের দিকে গিয়ে পাওয়ার টিউবের (25L6) ৩নং ও ৪নং পিনে লাগান হবে, আর সেকেণ্ডারী লীড স্পীকারের জন্য চেসিসের উপর দিকেই থাকবে।

পিনগুলিকে পড়বার নিয়ম হচ্ছে, ভ্যালভ বেসের যে দিকে key way আছে, সেই দিক্‌কে নিচের দিকে রেখে; ঘড়ির কাঁটা যে দিকে ঘোরে ঠিক সেই ভাবে গুণতে হবে অর্থাৎ key way-এর বাঁদিক থেকে এক, দুই…করে গুণে যেতে হবে এবং সেই অনুযায়ী সংযোগ করে যেতে হবে। তবে এক্ষেত্রে পড়বার সুবিধার জন্য পিনগুলিকে চিহ্নিত করে দেওয়া হয়েছে। আর একটি কথা সব সময় মনে রাখবেন যে, এই পিনগুলির গায়ে এক প্রকার কোটিং লাগান থাকে, কাজে কাজেই সোল্ডার করার সময় চাকু বা ব্লেড্ দিয়ে তাকে পরিষ্কার করে নেওয়া অবশ্য কর্ত্তব্য নচেৎ সংযোগ হবে না। আর এই কোটিং যাকে ইনসুলেশন বলে, এর মাঝ দিয়ে বিদ্যুৎ চলাচলের পথে এক প্রকার রেজিষ্ট্যান্সের সৃষ্টি হয়।

চেসিসে সোল্ডার করার বেলায়ও ঐ একই কথা, কারণ চেসিসের সাথে যদি ভাল সংযোগ না হয় তাহলে নেগেটিভ পোটেনশিয়ালের অভাব হেতু, সেটটি নাও বাজতে পারে, কাজে কাজেই সোল্ডার যাতে ভাল হয় তার জন্য চেসিসের যে স্থানে সোল্ডার করা হবে সেই স্থানটি প্রথমে (সোল্ডারিং

আয়রন দ্বারা) উত্তপ্ত করে নিতে হবে। তারপর খানিকটা সোল্ডার দিয়ে জায়গাটার চারিদিকে ভাল করে লাগিয়ে দিতে হবে ও পরে সংযোগের তারটি সেই স্থানে রেখে পুনরায় সোল্ডার করে দিলেই চলবে।

গঠন প্রণালী :—চেসিসের সামনের দিকে ২" ইঞ্চি উচ্চতার বিট্ আছে তাতে ৩১১নং চিত্র অনুযায়ী তিনটি ছিদ্র করে নিয়ে একটিতে ভল্যুম কণ্ট্রোলকে ($R_৪$) ও অপর দুটিতে ভেরিয়েবল কন্‌ডেন্সারকে ($C_১$ ও $C_২$) পিছন দিক থেকে ছিদ্র পথে গলিয়ে শক্ত করে চেসিসের গায়ে লাগিয়ে দিন।

এইবার ফিলামেণ্ট রেজিষ্ট্যান্সকে ($R_৬$) চেসিসের পিছন দিকে শক্ত করে লাগিয়ে সেট ওয়্যারিং করতে বসুন। তবে এক্ষেত্রে ফিলামেণ্ট রেজিষ্ট্যান্সের পরিমাণ পুনরায় ঠিক করে নিতে হবে। ৩১১ নং চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাবেন, ফিলামেণ্ট রেজিষ্ট্যান্স, ($R_৬$) এর যে তিনটি ক্লাম্প ব্যবহার করা হয়েছে তাদের প্রত্যেককে যথাক্রমে ক, খ, এবং গ এই চিহ্ন দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে। তাদের মধ্যে 'ক' চিহ্নিত ক্লাম্পে মেন লাইনের এক প্রান্ত লাগান আছে এবং 'খ' চিহ্নিত ক্লাম্পকে রেক্‌টিফায়ার টিউবের প্লেট সাপ্লাই আর 'গ' ক্লাম্পকে ফিলামেণ্ট সাপ্লাই হিসাবে ব্যবহার করা হয়েছে। তাই এক্ষেত্রে 'ক' ও 'খ'-এর মধ্যকার রেজিষ্ট্যান্স হবে ২০০ ওমস্ আর 'ক' ও 'গ' এর মধ্যকার রেজিষ্ট্যান্স নির্ণয় করতে হবে, পূর্ব্বের সূত্র অনুযায়ী :—

৩১২নং চিত্র—রিসিভারের বাকি রেজিষ্ট্যান্স ও কনডেন্সারের সংযোগগুলিকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে।

ফিলামেণ্টগুলির মোট ভোল্টেজ :—

২৫+২৫+৬=৫৬ ভোল্ট।

সুতরাং ড্রপিং ভোল্টেজ :—

২২০−৫৬=১৬৪ ভোল্ট।

$$R = \frac{E}{I}$$

$$R = \frac{১৬৪}{.৩}$$

R=৫৪৬.৬ ওমস্।

এক্ষেত্রে "ক" ও "গ" এর মধ্যকার রেজিষ্ট্যান্স মোট ৫৪০ ওমস্ হলেই চলবে।

ভল্যুম কণ্ট্রোল (R_8) এর পিছনে যে সুইচের কথা আমি বলেছিলাম তাকে দিয়েই এক্ষেত্রে সার্কিটকে Off-On করবার ব্যবস্থা করা হয়েছে। তবে সুবিধা অনুযায়ী কোন পৃথক সুইচের ব্যবস্থা করাও চলে।

৩১১নং চিত্রটিকে বিশেষ ভাবে লক্ষ্য করলে দেখতে পাবেন। ভ্যালভ বেসের কতকগুলি পিনের পাশে (X) এই চিহ্ন দেওয়া হয়েছে অর্থাৎ যেখানে যেখানে ঐরূপ চিহ্ন দেওয়া আছে সেখানকার সংযোগ বিন্দু দুটি, চাকু বা ব্লেড দিয়ে পরিষ্কার করে সোল্ডার করে দেবেন। আর যেখানে ঐরূপ চিহ্ন দেওয়া নাই সেখানে কেবল সংযোগ বিন্দুগুলি পরিষ্কার

করে, তারটিকে পিনের ছিদ্রপথে লাগিয়ে রেখে দিন। কারণ, ঐ স্থানে এখনও অন্যান্য সংযোগের বাকি আছে বুঝবেন।

এইভাবে ৩১১নং চিত্রের নির্দ্দেশ অনুযায়ী ওয়্যারিং করে যান এবং প্রতিটি সংযোগের পর সার্কিটটিকে ৩১০নং চিত্রের স্কিমেটিক সার্কিটের সাথে মিলিয়ে দেখুন যে সংযোগগুলি ঠিক আছে কিনা। মাঝে মাঝে দেখতে পাবেন ভ্যালভ বেসগুলির কয়েকটা পিনে—যেমন রেক্টিফায়ার ভ্যালভ বেসের ৬নং পিনে, পাওয়ার ভ্যালভ বেসের ৬নং পিনে এবং ডিটেক্টর বেসের ৪, ৬, ১ প্রভৃতি পিনগুলিতে—টিউবের নিজস্ব কোন সংযোগ না থাকা সত্ত্বেও ঐ পিনগুলিতে তার সংযোগ করা আছে। তার কারণ পিনগুলির সাথে টিউবের আভ্যন্তরীণ কোন সংযোগ না থাকায়, পিনগুলি খালি থাকে, তাই সেগুলিকে টাই-পয়েন্ট হিসাবে ব্যবহার করা হয়েছে।

৩১১নং চিত্র অনুযায়ী কাজ শেষ হলে সমস্ত সার্কিটকে একবার ভাল করে পরীক্ষা করে দেখুন কোথাও ভুল সংযোগ আছে কিনা। যদি দেখেন ঠিক ঠিক ভাবে করা হয়েছে তাহলে বাকি সংযোগগুলি ৩১২নং চিত্র দেখে করতে আরম্ভ করুন।

৩১২নং চিত্রে সার্কিটের রেজিষ্ট্যান্স এবং কনডেন্সারের সংযোগগুলিকে আলাদা ভাবে দেখান আছে। এই চিত্র অনুযায়ী বাকি অংশগুলি লাগিয়ে সমস্ত সার্কিটকে স্কিমেটিক সার্কিটের সাথে পুঙ্খানুপুঙ্খরূপে পরীক্ষা করে নিন।

সংযোগ ব্যবস্থার সময় বিশেষ ভাবে লক্ষ্য রাখতে হবে যে, খুব অল্প তারে ও পরিষ্কার ভাবে যেন সমস্ত সংযোগ

করা হয়। গ্রাউণ্ড সংযোগগুলি চেসিসের গায়েই করতে হবে। ফলে নেগেটিভ কানেকশনের জন্য আর লম্বা লম্বা তার টানতে হয় না।

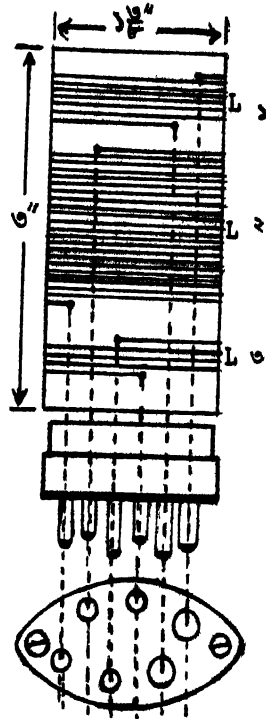
সেটটিতে আর একটি লক্ষ্য করবার বিষয় হচ্ছে ভূমি-সংযোগ। ৩১০ নং চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাবেন ভূমি-সংযোগকে কেবল এরিয়াল কয়েলের সাথে যুক্ত করা হয়েছে, তাতে রিসেপশান খুব ভাল পাওয়া যায়। কিন্তু যদি দেখেন আপনার সেটে কোন ইন্‌টারফিয়ারেন্সের সৃষ্টি হচ্ছে তাহলে কয়েল বেসের ৬নং ও ৪নং কে খানিকটা তার দিয়ে সর্ট করে দিয়ে এবং রিসিভারের ভূমি-সংযোগ চিহ্নিত টার্মি-নালের সাথে একটি ·০৫ μfd কনডেন্সার সিরিজে লাগিয়ে তাকে ভূমির সাথে যুক্ত করলেই চলবে। তবে আমার ল্যাবরেটরীতে যে সেটটি গঠন করা হয়েছিল তাতে ঐরূপ কোন ব্যবস্থার প্রয়োজন হয় নাই। আর একটি কারণ হচ্ছে আমার লেবরেটারীর মেন লাইন পজিটিভ এ্যালাইভ থাকায় আর্থের তারকে, কনডেন্সারের সাথে সিরিজে না লাগিয়ে, সোজা চেসিসে লাগালেও কোন বিপদের সম্মুখীন হতে হয় না।

কয়েল ঃ—এই সেটের জন্য যে কয়েল বেসের ব্যবহার করেছি সেটি পূর্ব্বের পরীক্ষায় ব্যবহৃত কয়েল বেসের অনুরূপ, কাজে কাজেই ৩০৮নং চিত্রে যে কয়েলটিকে গঠন করবার কৌশল বর্ণনা করেছি সেই কয়েলটিকেই এই কয়েল বেসে বসিয়ে দিতে হবে। কারণ এখানেও এরিয়াল কয়েল (L_1) এর এক মাথা ১নং পিনে ও অন্য মাথা ৬নং পিনে যুক্ত আছে। টিউনিং কয়েলকেও (L_2) যথাক্রমে ৩নং ও ৪নং পিনে সোল্ডার করা হয়েছে। আর রিয়্যাক্শন কয়েলও

($L_৩$) যথাক্রমে ২নং এবং ৫নং পিনে যুক্ত। মোটের উপর পূর্ব্বের বর্ণনা অনুযায়ী (৪২৩ পৃষ্ঠায় বর্ণিত), ৩১৩নং চিত্রের কয়েলটিকে গঠন করতে হবে।

এই হলো সেট নির্ম্মাণের মোটামুটি বিবরণ। সেটটিকে আমি নিজের লেবরেটারীতে পরীক্ষামূলক ভাবে গঠন করেছি। এর স্পিকারকে চেসিসে অঙ্কন করে দেখান হয়নি। কারণ শিক্ষার্থীরা নিজেদের ইচ্ছানুযায়ী কেবিনেটের যে কোন স্থানে বসিয়ে আউট-পুট ট্রান্স-ফরমারের সেকেণ্ডারী লীডের সাথে যুক্ত করে দিলেই চলবে।

৩১৩নং চিত্র

আমার অভিজ্ঞতা থেকে বলতে পারি, যে সার্কিট চিত্রে দেখান হয়েছে শিক্ষার্থীরা যদি চিত্র অনুযায়ী ঠিক ঠিক ভাবে তা গঠন করতে পারেন এবং কয়েলটিকেও যদি আমার নির্দ্দেশ অনুযায়ী ঠিকভাবে জড়িয়ে নিতে পারেন তাহলে সেটটি খুব ভাল কাজ দেবে। কারণ আমার লেবরেটারীতে যে সেটটি গঠন করেছিলাম সেটি রাত্রিকালে এ-সি এলাকাতে ঢাকা, পাটনা, দিল্লী—ষ্টেশন তিনটি খুব পরিষ্কার ও মাঝারি রকম আওয়াজে শুনতে পাওয়া গেছে এবং তাতে আমাদের শক্তিশালী লোক্যাল ষ্টেশন কোনই গোলমাল সৃষ্টি করতে পারেনি।

অষ্টাদশ অধ্যায়

[illegible]তন ভ্যালভ ব্যাটারী সেট

([illegible]ষ্ট্যাল কনডেন্সার কাপলিং ও রিয়্যাকশন টাইপ)

ম[illegible]ফঃস্বল অঞ্চলে বিদ্যুৎ সরবরাহের কোন ব্যবস্থা না থাকায় সেখানকার শিক্ষার্থীদের সুবিধার জন্য একটি ব্যাটারী সেট নির্ম্মাণের সহজ চিত্র দেওয়া হলো। তবে একটি কথা এখানে বলে রাখি প্রথম শিক্ষার্থীদের পক্ষে প্রথমেই সার্কিট দেখে একটি ব্যাটারী সেট নির্ম্মাণ করার পূর্ব্বে মেন সেটের প্রত্যেকটি পরীক্ষাকে খুব মন দিয়ে অনুশীলন করে নিতে হবে, কারণ কম খরচে বাড়ীর মেন থেকে ইচ্ছামত কারেন্ট পাওয়া যায় বলেই একটি মেন সেটের প্রত্যেকটি ষ্টেজের কার্য্যকারিতাকে আমি পরীক্ষা মূলক কার্য্যের মধ্য দিয়ে আলোচনা করেছি। কিন্তু ব্যাটারী সেটের বেলায়ও অনুরূপ পরীক্ষা দেখান যায়, তবে তা এত ব্যয় সাধ্য যে অধিকাংশ শিক্ষার্থীর পক্ষে তা সম্ভব নয়। তাছাড়া মেন-সেট ও ব্যাটারীসেট উভয়েরই কার্য্যকারিতা এক তবে পার্থক্য কেবল ফিলামেন্ট ও প্লেট সাপ্লাই ব্যবস্থায়। কাজে কাজেই পৃথক ভাবে ব্যাটারীর জন্য কোন পরীক্ষা না করে কেবল পূর্ব্বের পরীক্ষাগুলি[illegible] মন দিয়ে অনুশীলন করে নিলেই চলবে। তবে— সংযোগ[illegible] করার সময় খুব সাবধানতা অবলম্বন করতে হবে কারণ [illegible]াটারীর ভোল্টেজ খুব কম, ফলে সার্কিটে সোল্ডার করা[illegible] সমস্ত সংযোগ.

$C_১$ = ·০০০১ μfd মাইকা কনডেন্সার
$C_২$ = ·০০০৫ μfd ভেরিয়েবল (J. B. Type)
$C_৩$ = ·০০০১ μfd মাইকা কনডেন্সার
$C_৪$ = ·০০০৩ μfd ভেরিয়েবল (J. B. Type)
$C_৫$ = ·০১ μfd পেপার কনডেন্সার
$C_৬$ = ১ μfd পেপার কনডেন্সার
$V_১$ = 1N5-GT
$V_২$ = 1G4-GT
$V_৩$ = 3Q5-GT
T = 3Q5 টিউবের আউট-পুট ট্রান্সফরমার

$L_১$ = রিয়্যাকশন কয়েল
$L_২$ = টিউনিং কয়েল
} কয়েল নির্ম্মাণ কৌশল দেখুন

ব্যাটারী HT (90V.)—LT. ($1\frac{1}{2}$ V)

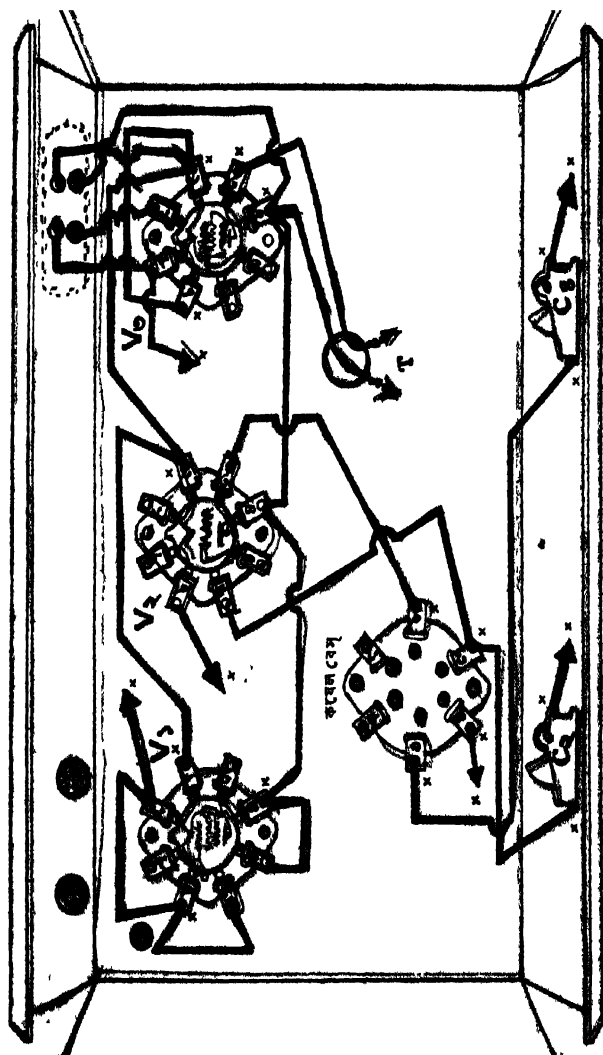
অন্যান্য পার্টসগুলি—তিনটি আটপিন ভ্যালভ বেস। একটি ছ'পিন ভ্যালভ বেস। একটি ৪-পিন ব্যাটারী প্লাগ। ৮-১০টি $\frac{১}{১৬}$" ইঞ্চি মেসিন স্ক্রু। ৩/৪ গজ প্লাসটিকের তার।

গঠন প্রণালী :—৩১৫ নং চিত্রে চেসিসকে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। প্রথমে চিত্র অনুযায়ী সবকটি ভ্যালভ বেস ও কয়েল বেসকে $১\frac{১}{৮}$" ইঞ্চি মেসিন-স্ক্রু দিয়ে শক্ত করে লাগিয়ে দিন। লক্ষ্য রাখবেন ভ্যালভ বেসগুলির (পিন বেস) Key way যেন চেসিসের পিছনের দিকে মুখ করে থাকে। আর কয়েল বেস (৬ পিন বেস) কেও চিত্র অনুষায়ী বসান, কারণ, বেসগুলি যদি ভুল লাগান হয় বা উল্টে যায়—তাহলে সেট ওয়ারিং করবার সময় ভুল সংযোগ হয়ে যাবে। এই চিত্রের সবচেয়ে বেশী

গুরুত্বপূর্ণ অংশ হচ্ছে ৪ পিন ব্যাটারী প্লাগ কারণ এর ৪টি পিনের মধ্যে ২টি ১½ ভোল্ট ফিলামেণ্টের দিকে (LT) যুক্ত থাকে আর ২টি পিন থাকে ৯০ ভোল্ট প্লেটের দিকে (HT)। কাজে কাজেই সংযোগ যদি উল্টো হয়, তাহলে ফিলামেণ্টের দিকে প্লেটের ৯০ ভোল্ট গিয়ে সবকটি ভ্যালভকে নষ্ট করে দেবে।

সবশেষে আর একবার সমস্ত বেসগুলিকে চিত্রের সাথে মিলিয়ে নিয়ে এর C_8 ও C_2 ভেরিয়েবল (J.B. Compact Type) কনডেন্সারদ্বয়কে শক্ত করে লাগিয়ে দিন। এইবার ৩১৭নং চিত্রটি দেখে ওয়ারিং করতে বসুন।

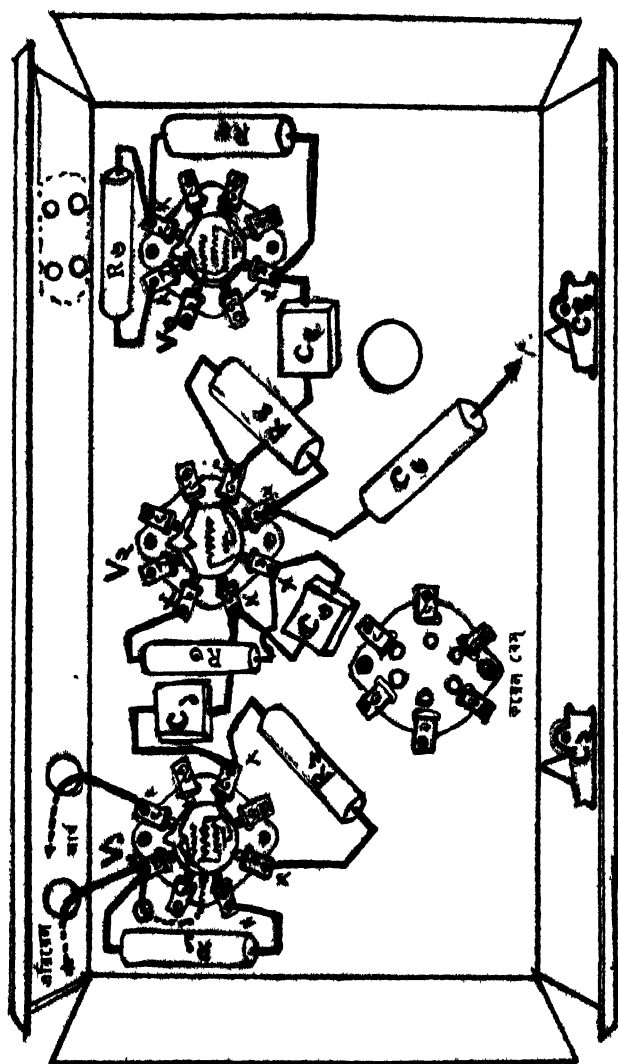
প্রথমেই ৩১৪নং চিত্রকে ৩১৫নং চিত্রের ভ্যালভ বেসগুলির সাথে মিলিয়ে দেখলে দেখতে পাবেন এক্ষেত্রে (৩১৫নং চিত্রের) ভ্যালভ বেসের প্রায় সব কটি পিনেতেই তার সংযোগ করা হয়েছে, অথচ ৩১৪নং চিত্রে যে কয়টি ভ্যালভ অঙ্কন করা হয়েছে তাদের মধ্যে IN5 ভ্যালভের ৩নং পিনে প্লেট, ৪নং পিনে স্ক্রীন-গ্রিড, ২ ও ৭ নং পিনে ফিলামেণ্ট ও ভ্যালভের Cap-এর সাথে কণ্ট্রোল গ্রিড সংযুক্ত। আর IG4 ভ্যালভের ৩নং—প্লেট, ৫নং—কণ্ট্রোল গ্রিড ২ ও ৭ ফিলামেণ্ট ও 3Q5 এর বেলায় ৩নং—প্লেট, ৪নং—স্ক্রীন গ্রিড, ৫নং—কণ্ট্রোল গ্রিড, এবং ২, ৭ ও ৮নং পিন ফিলামেণ্টে সংযুক্ত। কাজে কাজেই এক্ষেত্রে IN5-এর ১, ৫, ৬, ৮, ও IG5-এর ১, ৪, ৬, ৮ এবং 3Q5-এর ১, ৬ প্রভৃতি পিনগুলির সাথে ভ্যালভের আভ্যন্তরীণ কোন সংযোগ না থাকায় ঐগুলিকে সার্কিটের টাই-পয়েণ্ট (সংযোগবিন্দু) হিসাবে ব্যবহার করা হয়েছে।

পূর্ব্বে মেন সেটের বেলায় যেভাবে সার্কিট ওয়ারিং

৩১৫নংচিত্র—ব্যাটারী রিসিভারের কেবল তারগুলির সংযোগকে এখানে অঙ্কন করে দেখান হয়েছে।

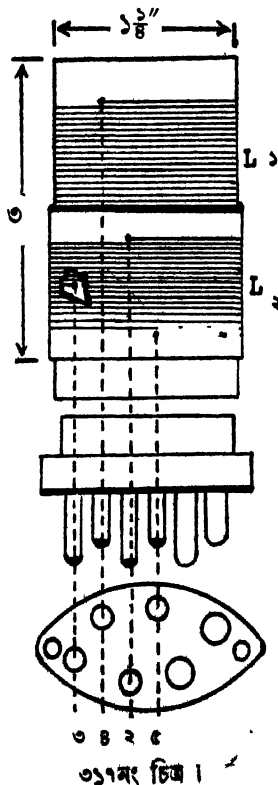
করতে বলেছি এক্ষেত্রেও ঠিক সেই ভাবেই ওয়ারিং করতে হবে। মনে রাখবেন চিত্রের যে যে পিনের পাশে (×) এই চিহ্ন দেওয়া আছে কেবল সেই সেই স্থানেই সোল্ডার করবেন এবং অন্যগুলিতে এখনও সংযোগের বাকি আছে জানবেন।

৩১৫নং চিত্রের নির্দ্দেশ অনুযায়ী ওয়ারিং করে যান এবং প্রত্যেকটি সংযোগের পর সার্কিটকে ৩১৪নং চিত্রের সাথে মিলিয়ে দেখুন যে সংযোগগুলি ঠিক আছে কিনা। এইভাবে সমস্ত তারের সংযোগগুলি শেষ হলে, সার্কিটের বাকি রেজিষ্ট্যান্স ও কন্‌ডেন্সারগুলিকে ৩১৬নং চিত্র অনুযায়ী লাগিয়ে সমস্ত সার্কিটকে ৩১৪নং চিত্রের স্কিমেটিক সার্কিট এর সাথে পুঙ্খানুপুঙ্খরূপে মিলিয়ে নিন।

কয়েল নির্ম্মাণ কৌশল :—কয়েলই হচ্ছে রিয়্যাকশন সেটের প্রধান সমস্যা। পূর্ব্বেই বলেছি রিয়্যাকশন সেটে কয়েল ম্যাচ করতে একটু কষ্ট হয় বটে; কিন্তু উপযুক্ত ভাবে গঠন করতে পারলে এর দ্বারা অনেকগুলি ষ্টেশন পাওয়া যায় ৩১৭নং চিত্রে কয়েল জড়ানোর সহজ চিত্র অঙ্কন করে দেখান হয়েছে। চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাবেন ১½" ইঞ্চি ব্যাস বিশিষ্ট একটি কয়েল ফরমার-এর ৩০নং * DCC তারের ৯০ পাক প্রথমে L_2 (টিউনিং কয়েল) হিসাবে জড়িয়ে নিয়ে তার উপর এক টুকরা কাগজের এক পাক (চিত্র অনুযায়ী) ইনস্যুলেটর হিসাবে এমন ভাবে জড়াতে হবে যাতে এই কাগজের উপর জড়ান L_1 কয়েলের (রিয়্যাকশন কয়েলের) মোট ৩০ পাকের ১৫ পাক থাকবে L_2 কয়েলের উপর আর বাকি ১৫ পাক থাকবে কয়েলের

* DCC=Double Cotton Cover.

৩১৬নং চিত্র —ব্যাটারী রিসিভারের বাকি অংশগুলির সংযোগের চিত্র।

(L_2 কয়েলের) বাহিরে (চিত্রের মধ্যস্থলে অঙ্কিত কাটা জায়গাটা লক্ষ্য করলেই তা বুঝতে পারা যাবে)।

কয়েল ফরমারটিকে প্রস্তুত করার সবচেয়ে সহজ উপায় হচ্ছে, একটা পুরাতন ৬ পিন যুক্ত খারাপ ভ্যালভ যোগাড় করে, তার তলাকার বেসকে খুলে নিয়ে ৩১৭ নং চিত্র অনুযায়ী ফরমারটিকে তার মধ্যে ভালভাবে আঁটকে দিলেই চলবে।

৩১৭নং চিত্র।

প্রথমে ফরমারের উপর দিক থেকে $\frac{১}{৪}$ ইঞ্চি ছেড়ে দিয়ে একটা ছিদ্র করে নিন; দেখবেন ছিদ্রটি যেন ভ্যালভ বেসটির ঠিক ৩নং পিনের উপর দিকে থাকে। এইবার ঐ ৩০ নম্বর ডবল-কটন-কভার (DCC) তারের মুখের $\frac{১}{২}$ ইঞ্চি পরিমাপ জায়গা ব্লেড্ বা চাকু দিয়ে চেঁচে নিয়ে ও ছিদ্র পথে গলিয়ে ৩নং পিনে (৩১৭নং চিত্র অনুযায়ী) সোল্ডার করে দিন। এইবার ফরমারটিকে বাঁ হাতে ধরে ও ডান হাতে তারটিকে রেখে গুণে গুণে মোট ৯০টি পাক যেখানে শেষ হবে সেখানে একটা ছিদ্র করে নিয়ে ও ছিদ্র পথে গলিয়ে ৪নং পিনে সোল্ডার করে দিন (দেখবেন ছিদ্রটি যেন পূর্ব্বের ছিদ্রের ঠিক নিচে হয়)

এইবার এক টুকরা কাগজ L_2 কয়েলের প্রান্তে (৩১৭ চিত্র অনুযায়ী এই কয়েলের নীচের দিকে) এক পাক এমন ভাবে জড়ান যেন কাগজের অর্দ্ধেকটা থাকে কয়েলের উপর ও বাকি অর্দ্ধেক থাকে কয়েলের নীচের দিকে। পুনরায় L_1 কয়েলকে চিত্র অনুযায়ী ছিদ্র পথে গলিয়ে ও ২নং পিনে সোল্ডার করে দিয়ে পূর্ব্বের জড়ান কয়েলের একই দিকে জড়াতে থাকুন। যেখানে ৩০ পাক শেষ হবে সেখানে আর একটি ছিদ্র করে নিয়ে ও ছিদ্র পথে গলিয়ে ৫নং পিনে সোল্ডার করে দিন। এই হলো কয়েল (ব্যাটারীর জন্য) নির্ম্মাণের মোটামুটি বিবরণ।

এখানে আর একটি কথা বলে রাখি, মেন সেটের জন্য যে কয়েল (৩১৩নং চিত্রে অঙ্কিত) নির্ম্মাণ করেছি তার সঙ্গে এই কয়েলের ফরমার আকৃতি ও পাক সংখ্যার পার্থক্য থাকলেও বিশেষভাবে লক্ষ্য করলে দেখতে পাবেন উভয় ক্ষেত্রেই কয়েল বেসের পিন নম্বর একই আছে অর্থাৎ পূর্ব্বের টিউনিং কয়েল ও রি-য়্যাকশান কয়েলের জন্য যে যে পিন নম্বর ব্যবহার করা হয়েছিল এক্ষেত্রেও সেই পিনদ্বয়কেই ব্যবহার করা হয়েছে। কাজে কাজেই পরীক্ষামূলক ভাবে পূর্ব্বের কয়েলকে এখানে ব্যবহার করেও দেখতে পারেন। তাতে কয়েলের আকৃতি, তারের পাক ও গেজের পার্থক্যের ফলে সেইটির বিভিন্ন কার্য্যকারিতার পার্থক্য উপলব্ধি করতে পারবেন।

উনবিংশ অধ্যায়

কয়েকটি প্রয়োজনীয় সার্কিট

এ পর্য্যন্ত রেডিও টেকনিকের যে যে তথ্য নিয়ে আলোচনা করেছি কেবল মাত্র সেই সব প্রাথমিক তথ্যগুলির উপর ভিত্তি করেই কয়েকটি সহজ ও সরল অথচ বহুল পরীক্ষিত রেডিও সেট ও এ্যামপ্লিফায়ার সার্কিটকেই এই অধ্যায়ে সন্নিবেশিত করা হয়েছে। এদের সব কয়টিই আমার পরীক্ষিত। কাজে কাজেই ব্যবহারিক দিক দিয়ে আমার অভিজ্ঞতার ভিত্তিতে একথা নিশ্চিত ভাবে বলতে পারি যে চিত্রের নির্দ্দেশ অনুযায়ী ঠিক ঠিক ভাবে গঠন করতে পারলে এথেকে খুব ভাল ফলই পাবেন।

এ-সি/ডি-সি লোক্যাল সেট

এখানে যে সার্কিট অঙ্কন করে দেখান হয়েছে, সেটা হচ্ছে একটি তিন-ভ্যালভ সেট। লক্ষ্য করলে দেখতে পাবেন পূর্ব্বে (৪২৮ পৃষ্ঠায়) যে তিন-ভ্যালভ লোক্যাল সেটের সার্কিট অঙ্কন করা হয়েছে তার থেকে এই সার্কিটের বিশেষ কিছু পার্থক্য নাই; তবে এখানে যে ভ্যালভগুলি ব্যবহার করা হয়েছে সেগুলি 12·6 ভোল্ট ও আমেরিকান ·15 amp সিরিজের ভ্যালভ। এক্ষেত্রে 12SJ7 ভ্যালভটিকে ডিটেক্টর, 50L6 কে পাওয়ার এ্যামপ্লিফায়ার ও 35Z5 ভ্যালভকে হাফ-ওয়েভ রেকটিফায়ার হিসাবে ব্যবহার করা হয়েছে। তবে 12SJ7 এর বদলে 12J7 এবং 50L6 এর বদলে 35L6 কেও ব্যবহার করা চলে।

সার্কিটে ব্যবহৃত সব কয়টি পার্টসের পরিমাণকে পাশে লিখে দেওয়া আছে সেগুলিকে পূর্ব্বের বর্ণনা অনুযায়ী সোল্ডার করে নিলেই চলবে।

সেটটি চালু আছে কিনা দেখবার জন্য একটি ·15 amp কারেণ্টের ডায়াল ল্যাম্পকে ফিলামেণ্ট রেজিষ্ট্যান্সের শেষের দিক থেকে (যে দিকে টিউবের ফিলামেণ্ট যুক্ত) ৫০ ওমস্ শাণ্ট হিসাবে লাগান আছে। ফলে, ল্যাম্পটি অল্প ভাবে জ্বলবে, প্রয়োজন হলে শাণ্টের পরিমাণ কমিয়ে বা বাড়িয়ে এর আলোকে কম বেশী করা চলে। ফিল্টার সার্কিটে LF চোকের বদলে ১০ কিলো (১০,০০০ ওমস্) ৫ ওয়াটের একটি রেজিষ্ট্যান্স ব্যবহার করা হয়েছে।

চেসিসকে আর্থ করতে হলে প্রথমে চেসিসে হাত লাগিয়ে দেখে নেবেন চেসিস সর্ট আছে কিনা, যদি না থাকে তাহলে আর্থ কনেকশনের তারকে সোজাসুজি চেসিসে লাগিয়ে দেবেন। আর যদি দেখেন সর্ট আছে তাহলে একটা ·01 কন্‌ডেন্সার চেসিস ও আর্থের সাথে সিরিজে লাগাবেন। কেননা অনেক সময় দেখা যায় বাড়ীর সাপ্লাই লাইনের ভোল্টেজ নেগেটিভ এ্যালাইভ থাকে, ফলে চেসিসে সর্ট দেয়। এইরূপ অবস্থায় যদি আর্থের তারকে (ভূমি সংযোগ) সোজাসুজি চেসিসে লাগান হয় তাহলে মেন ফিউস (fuse) হয়ে যায়। তবে সাধারণতঃ দেখা যায়, সাপ্লাই লাইনের একদিক মাটিতে যুক্ত থাকে বলে (আর্থ করা থাকে বলে) সেটের জন্য কোন আলাদা আর্থ পয়েণ্টের দরকার হয় না।

কয়েল :—বাজারে যে ষ্ট্যাণ্ডার্ড টাইপ প্যাকসোলিন কয়েল ফরমার পাওয়া যায় তারই একটা ১½" ইঞ্চি ব্যাসের ফরমার জোগাড় করে নিয়ে প্রথমে ফরমারের একদিকে ঠিক সমান ভাগে ছটা পোষ্ট তৈরী করুন কারণ এগুলিতেই কয়েলের প্রথম ও শেষ মাথাগুলি যুক্ত হবে। এইবার ৩৬নং এনামেল করা তারের ৫৫ পাকের একটি গ্রিড-কয়েল (L_2) জড়িয়ে নিন, মনে রাখবেন প্রত্যেকটি কয়েলের শেষের ও আগের মুখ দুটিকে ব্লেড বা চাকু দিয়ে ভাল করে চেঁচে নিয়ে তবে সোল্ডার করতে হবে।

পুনরায় ঐ গ্রিড-কয়েলের উপর এক টুকরা কাগজ এক পাক জড়িয়ে ঐ একই তারের একই দিকে ১৫ পাকের রি-য়্যাকশন কয়েল (L_3) জড়ান। এবারে ঐ গ্রিড কয়েলের ১⅙" ইঞ্চি নীচে ঐ একই তার দিয়ে মোট ২৫ পাক একই দিকে ও একই ভাবে জড়িয়ে নিন। এটা হলো এরিয়াল কয়েল (L_1) এক্ষেত্রে ফরমারের ঐ ছটি পোষ্টেই, এই তিনটি কয়েলের মোট ছটি মাথা লাগাতে হবে।

এইবার কয়েল ফরমারটিকে চেসিসে কোথাও সুবিধা মত ফিট করে নিয়ে সার্কিট দেখে তার সংযোগ করে যান। চেসিসের মাপ সম্বন্ধে আমার কিছুই বলবার নাই, কারণ যিনি তৈয়ারী করবেন তার সুবিধামত চেসিসের মাপ, লাউড-স্পিকার ও L.T. রেজিষ্ট্যান্সটিকে বসাবার জায়গা ইত্যাদি ঠিক করে নেবেন। তবে আমি ২৭৭নং চিত্রে চেসিসের যে মাপ দিয়েছি সেটিকেও ব্যবহার করতে পারেন।

একটি এসি/ডিসি এ্যামপ্লিফায়ার

লোক্যাল সেটের চেয়ে এ্যামপ্লিফায়ার যন্ত্র তৈরী করা অত্যন্ত সহজ। ৩১৯নং চিত্রে আমি যে এ্যামপ্লিফায়ারের সার্কিট অঙ্কন করেছি কম শক্তির হলেও—সাধারণ কোন সামাজিক অনুষ্ঠানে আসর জমাবার পক্ষে যথেষ্ট। চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাবেন ৩১৮নং চিত্রে লোক্যাল সেটের জন্য যে সার্কিট অঙ্কন করেছি তাকেই এখানে ব্যবহার করেছি। তবে, পার্থক্যের মধ্যে এই যে পূর্ব্বে (৩১৮নং চিত্রে) 12SJ7 ভ্যালভকে শান্ট-গ্রিড লিক ডিটেক্টর হিসাবে ব্যবহার করার জন্য ক্যাথোডকে সোজাসুজি আর্থ করা হয়েছিল কিন্তু এক্ষেত্রে (৩১৯নং চিত্রে) 12SJ7 ভ্যালভকে ভোল্টেজ এ্যামপ্লিফায়ার হিসাবে ব্যবহার করা হয়েছে। আর পূর্ব্বে পাওয়ার ভ্যালভের (50L6) গ্রিড সার্কিটে একটি ·5 meg ফিক্সড্ রেজিষ্ট্যান্স লাগান হয়েছিল। কিন্তু এ ক্ষেত্রে তাকে ·5 meg ভল্যুম কন্ট্রোল (সুইচ সহ) হিসাবে একটি পোটেনশিওমিটার ব্যবহার করা হয়েছে।

এই যন্ত্রটির সাহায্যে কেবল মাত্র পিক-আপ দিয়ে গ্রামোফোন থেকে রেকর্ড বাজান চলে। তবে ৩১০নং চিত্রে ঐ একই সার্কিট দিয়ে যে যন্ত্রটির ব্যবস্থা করা হয়েছে সেটিতে মাইক ও পিক-আপ উভয়েরই কাজ চালান যায়। এক্ষেত্রে দুটিকে স্বতন্ত্রভাবে নিয়ন্ত্রণ করবার জন্য আলাদা আলাদাভাবে দুটিকে ·5 meg পোটেনশিওমিটারের সাহায্যে

নেওয়া হয়েছে। তবে দরকার হলে দুটিকে একই সাথে কাজে লাগান চলে।

এর গঠনগত ব্যাপারে বিশেষ কিছুই বলবার নাই কারণ পূর্ব্বের আলোচনাগুলি মেনে চলতেই হবে। আর সার্কিটের বর্ণনা তো পূর্ব্বেই দিয়েছি তবে আর একটি বিষয় বিশেষ ভাবে লক্ষ্য রাখবেন—চেসিসের উপরকার পাওয়ার, আউট-পুট ট্রান্সফরমার ও মেন লাইনের তার প্রভৃতি অংশগুলি যেন 12SJ7 ভ্যালভের দিকে না এসে পরে বা চেসিসের ভিতরকার ফিলামেন্টের তারগুলি কাপলিং কনডেন্সার কিম্বা গ্রিড-লিক-এর সাথে প্যারাল্যাল না থাকে। তাহলে হাম্ দেবে।

একটি ইণ্টারকম্ ইউনিট

(Intercom Unit)

পূর্ব্বেই বলেছিলাম যে একই ভ্যালভ ব্যবহার করে ও প্রায় একই সার্কিট দিয়ে কয়েকটি সহজ অথচ বহুল পরীক্ষিত সেটের বর্ণনা করবো। তাই প্রথমে 12SJ7, 50L6 ও 35Z5 ভ্যালভ দিয়ে একটি এসি/ডিসি লোক্যাল সেটের বর্ণনা দিয়েছি এবং ঐ একই ভ্যালভ ও প্রায় ঐ একই সার্কিট যুক্ত দুটি এ্যামপ্লিফায়ার সেটের বর্ণনা করেছি। পুনরায় দেখা যাক ঐ একই ভ্যালভ ও স্যার্কিট দিয়ে কি ভাবে একটি এসি/ডিসি "ইণ্টারকম ইউনিট" বা সেট তৈয়ারী করা যায়।

কমিউনিকেশন বলতে আমরা বার্ত্তার আদান প্রদানকে বুঝি, কোন হোটেল, থিয়েটার, মিল প্রভৃতি বড় বড় ব্যবসায়ী প্রতিষ্ঠানের এক ঘর থেকে আর এক ঘরে বার্ত্তার

আদান প্রদানকে বলে ইণ্টার-অফিস-কমিউনিকেশন আর যে যন্ত্রের সাহায্যে এই আভ্যন্তরীন বার্ত্তাকে এক স্থান থেকে দূরবর্ত্তী স্থানে পাঠান হয় তাকেই বলে আন্তর্ব্বার্ত্তাবহ যন্ত্র বা ইণ্টার কমিউনিকেশন যন্ত্র : সংক্ষেপে ইণ্টারকম যন্ত্র বা ইণ্টারকম্ ইউনিট।

সাধারণতঃ এইরূপ যন্ত্র হিসাবে আমরা টেলিফোন যন্ত্রকেই জানি। কিন্তু আর এক প্রকারের যন্ত্র আছে যার সার্কিট ব্যবস্থা একটা সাধারণ a-f এ্যামপ্লিফায়ারের ন্যায় হয়ে থাকে। এইরূপ এ্যামপ্লিফায়ারের সাহায্যে অফিসের যে কোন একটি টেবিলে বসে দূরবর্ত্তী কোন টেবিলের বা অন্য একঘরের লোককে টেলিফোনের কাছে ডাকা অথবা ড্রাইভারকে গাড়ীর জন্য নির্দ্দেশ দেওয়া। কিম্বা কারখানা ঘরের কোন একটি মেসিনম্যানকে কাজের কথা জিজ্ঞাসা করা চলে।

শুধু বার্ত্তাপ্রেরণই এই যন্ত্রের বিশেষত্ব নয়, বার্ত্তাপ্রেরক ইচ্ছা করলে একটি সুইচকে টিপে দূরবর্ত্তী ষ্টেশনের বা * (remote station) রিমোট ষ্টেশন-এর ঐ ব্যক্তিটির কথাও শুনতে সক্ষম হবেন। কারণ এই যন্ত্রের দুদিকে (ইন পুটে ও আউট-পুটে) দুটি ছোট স্পিকার সংযুক্ত এবং প্রত্যেকটি স্পিকারই শব্দ গ্রহণ ও শব্দ পরিবেশন এই দুটো কাজই এক সঙ্গে করে, ফলে উভয় দিক থেকেই জোর আওয়াজে কথাবার্ত্তা চালান যায়। তবে শব্দ গ্রহণের কাজটা কেবল মাষ্টার ষ্টেশন († master station.) থেকেই সম্ভব।

---

* দূরবর্ত্তী যে স্থানগুলিতে স্পীকারগুলিকে রাখা হয় তাকে বলে রিমোট ষ্টেশন (Remote Station)।

† যে স্থানে এ্যামপ্লিফায়ার যন্ত্রটি বসান থাকে তাকে বলা হয় মাষ্টার ষ্টেশন (Master Station)।

৩১১নং চিত্রটিকে লক্ষ্য করলে দেখতে পাবেন পূর্ব্বের ন্যায় এখানেও 12SJ7 পেণ্টোড ভ্যালভটিকে ভোল্টেজ এ্যামপ্লিফায়ার 50L6-কে পাওয়ার আউট-পুট হিসাবে ব্যবহার করা হয়েছে অর্থাৎ ৩১৯নং চিত্রে অঙ্কিত এসি-ডিসি এ্যামপ্লিফায়ার হিসাবে যে সার্কিটকে ব্যবহার করা হয়েছিল এখানেও ঠিক সেই সার্কিটকেই ব্যবহার কবা হয়েছে। পার্থক্যের মধ্যে রেজিষ্ট্যান্স কনডেন্সার প্রভৃতি পার্টগুলিকে আর্থ করার জন্য সোজাসুজি চেসিসকে কমন আর্থ হিসাবে ব্যবহার করা হয় নাই, সমস্ত সংযোগগুলিকে মাত্র একটি ·1 *μfd* কনডেন্সারের সাহায্যে চেসিসে সোল্ডার করা হয়েছে। কেন এরূপ ব্যবস্থা করা হলো, সে কথা কিছু পরেই জানতে পারবেন।

চিত্রে অঙ্কিত $T_১$ ট্রান্সফরমারটি একটি হাই-ইম্পিডেন্স প্রাইমারীর (সাধারণতঃ ৮০০০ ওমস্ বা 3Q5 ম্যাচিং) একটা সাধারণ আউট-পুট ট্রান্সফরমার হওয়া চাই। আর $T_২$ ট্রান্সফরমার হচ্ছে 50L6-এর (৩০০০ ওমস) আউট-পুট ট্রান্সফরমার। $T_১$ ও $T_২$ উভয়-ট্রান্সফরমারেরই লো-ইম্পিডেন্স (৩·৬ ওমস) সেকেণ্ডারীর একদিক চেসিসে (কমন টার্মিনাল হিসাবে) ও অন্যদিক ডবল-পোল-ডবল-থ্রো সুইচের (সু-১) মধ্য পোল দুটিতে যুক্ত হবে এই সুইচটি মাষ্টার ইউনিটের গায়ে লাগান থাকে বলে বার্ত্তাপ্রেরক সুইচটিকে একবার "উ" চিহ্নিত (চিত্রে অঙ্কিত) স্থানে রেখে কথা বলেন আবার পর মুহূর্ত্তে সুইচটিকে উল্টে অর্থাৎ "দ" চিহ্নিত স্থানে রেখে কথা শোনেন। তাই এই সুইচটির নাম দেওয়া হয়েছে "শোন বল" (Listen-Talk) সুইচ। চিত্র লক্ষ্য করলে দেখতে পাবেন সুইচটি যখন "দ"

অবস্থানে থাকে তখন মাষ্টার স্পিকারটি এ্যাম্প্লিফায়ারের আউট-পুটে অর্থাৎ T_2 ট্রান্সফরমারে এবং রিমোট ষ্টেশনের স্পিকারটি ইন-পুটে অর্থাৎ T_1 ট্রান্সফরমারে যুক্ত হয়। ফলে, রিমোট ষ্টেশন থেকে অডিও কারেণ্ট প্রথমে ইন-পুটে ও পরে আউট-পুট হয়ে মাষ্টার স্পিকারে আসে। কিন্তু সুইচ যখম "ট" অবস্থানে থাকে তখন ঠিক উল্টো অর্থাৎ মাষ্টার স্পিকারটি ইন-পুটে ও রিমোট স্পিকারটি আউট পুটে যুক্ত হপয়ার ফলে মাষ্টাব স্পিকারে অডিও কারেণ্ট রিমোট স্পিকারের দিকে যাবে।

সু-২ সুইচের সাহায্যে দেখান হয়েছে যে, যেখানে রিমোট ষ্টেশন একাধিক হবে সেখানে বার্তাপ্রেরক সু-২ সুইচটিকে ঘুরিয়ে তার প্রয়োজনীয় ষ্টেশনের সাথে সংযোগ সাধন করতে পারবেন। তাই রিমোট ষ্টেশনের সংখ্যা অনু-যায়ী এই সুইচটির ব্যবস্থা করতে হবে। প্রত্যেকটি রিমোট ষ্টেশন থেকেই দুটি করে তার এসে মাষ্টার ইউনিটে যুক্ত হবে। তার দুইটির একটির ঐ সিলেক্টর সুইচে (সু-২) ও অন্য তারটি কমন তার হিসাবে চেসিসের সাথে যুক্ত হবে। এক্ষেত্রে আমি চেসিসকে কমন নেগেটিভ হিসাবে ব্যবহার করার জন্য অন্যান্য পার্টসগুলিকে সোজাসুজি চেসিসের গায়ে আর্থ না করে একটি $\cdot 1 \, \mu fd$ কনডেন্সারের মারফৎ আর্থ করেছি। অনেক সময় দেখা যায় লো-ইম্পিডেন্সের লাইনগুলি অর্থাৎ এক্ষেত্রে ইন-পুট ও আউট-পুট ট্রান্সফরমারের সেকেণ্ডারী-দ্বয়ের দুটি লাইন এবং মাষ্টার স্পিকারের একটি লাইন (কমন লাইন) ও রিমোট-স্পিকারের একটি লাইন (কমন লাইন) প্রভৃতি এক সঙ্গে যুক্ত করে চেসিসের গায়ে সোল্ডার করা হয়. এরূপ ক্ষেত্রে যদি ট্রান্সফরমারের হাই-ইম্পিডেন্স